JANUSZ SOKOLIK

Elektrotechnika samochodowa



Okładkę projektował: Piotr Adamczyk
Redaktor: Anna Moniuszko
Redaktor techniczny: Małgorzata Chmielewska

W książce omówiono podstawowe zagadnienia z dziedziny elektrotechniki ogólnej oraz budowę i obsługę urządzeń i instalacji elektrycznych stanowiących wyposażenie samochodów i ciągników.

Wydawnictwa polecają książkę uczniom klas: II sz i III lz, zawód: mechanik pojazdów samochodowych (wg dokumentacji programowanej 3803/MPiH/30-08-1991); II sz i III lz, zawód: monter pojazdów samochodowych (wg dok. progr. 3807/MPiH/30-08-1991); II i III sz, zawód: mechanik pojazdów samochodowych (wg programu P-41300-1/79 z 21.02.1979 r.); III i IV lz, zawód: mechanik pojazdów samochodowych (wg programu P-4136-6/80 z 8.04.1980 r. (oraz dla klas II sz i lz, zawód: monter ciągników (wg dok. progr. 3804/30-08-1991). Książkę tę polecamy także uczniom klas III sz oraz II i III lz, jak również słuchaczom szkół policealnych, zawód: mechanik pojazdów samochodowych – do przedmiotu *wyposażenie elektryczne samochodów* (wg programu nauczania 3803/sz, lz, sp/MEN z 9.06.1997 r.

ISBN 83-02-07414-4

Wydawnictwa Szkolne i Pedagogiczne Spółka Akcyjna. Warszawa 1999
Wydanie drugie poprawione
Ark. druk. 16
Skład i łamanie: DARTEXT
Druk i oprawa Zakłady Graficzne w Poznaniu

Spis treści

1. Wiadomości wstępne

Rozwój motoryzacji to nie tylko ciągły wzrost liczby samochodów i ciągników na naszych drogach, ale także dynamiczny rozwój technicznego zaplecza motoryzacji, między innymi w postaci nowoczesnych stacji obsługi. Wielkie zmiany zachodzą zwłaszcza w dziedzinie wyposażenia tych stacji w urządzenia diagnostyczne, umożliwiające szybkie wykrywanie usterek. Ułatwia to i w znacznym stopniu przyspiesza naprawę pojazdów. Najbardziej zaawansowana technika nie zastąpi jednak wiedzy i umiejętności pracowników, na których nadal spoczywa odpowiedzialność za sprawność techniczną pojazdów.

Zadaniem podręcznika jest dostarczenie czytelnikowi niezbędnej wiedzy o urządzeniach elektrycznych wchodzących w skład wyposażenia samochodu oraz o metodach ich obsługiwania.

W pojazdach samochodowych energia elektryczna jest wykorzystywana przede wszystkim do:

— zasilania układu zapłonowego silnika o zapłonie iskrowym;
— zasilania rozrusznika, silników wycieraczek i dmuchawy, instalacji oświetleniowej, podnośników szyb, spryskiwaczy szyb itp.;
— zasilania silników samochodów o napędzie elektrycznym.

Zanim przejdziemy do zagadnień technicznych przytoczymy kilka definicji i pojęć, które będą pomocne w dalszym przyswajaniu wiadomości.

Elektrotechnika to dziedzina techniki zajmująca się badaniem zjawisk elektrycznych i magnetycznych oraz wykorzystaniem tych zjawisk w praktyce.

Elektrotechnika samochodowa to dział elektrotechniki zajmujący się budową, zasadą działania, eksploatacją i konserwacją instalacji i urządzeń elektrycznych stosowanych w motoryzacji.

Usterki instalacji elektrycznej są najczęstszą przyczyną niesprawności samochodów. Dlatego mechanik pojazdów samochodowych powinien dobrze znać elektrotechnikę oraz śledzić nieustannie postęp techniczny w tej dziedzinie.

Do ilościowego określenia dowolnego zjawiska fizycznego czy technicznego niezbędna jest znajomość jednostek miar.

Jednostka miary to wartość określonej wielkości przyjęta umownie jako równa jedności.

Podstawowa jednostka miary to jednostka umownie przyjęta jako jednostka wyjściowa w danym układzie jednostek miar.

Istnienie różnych układów jednostek miar powodowało duże utrudnienie, gdyż ta sama wartość danej wielkości była wyrażana innymi liczbami. Powodowało to komplikacje, zwłaszcza we współpracy międzynarodowej. Aby tego uniknąć, w roku 1960 na XI Generalnej Konferencji Miar przyjęto **międzynarodowy układ jednostek miar**, zwany w skrócie **układem SI**. W układzie SI ustalono siedem podstawowych jednostek miar: metr, kilogram, sekunda, amper, kelwin, kandela i mol (tabl. 1.1).

Jednostki te są podporządkowane odpowiednio podstawowym wielkościom fizycznym, takim jak: długość, masa, czas, prąd elektryczny, temperatura, światłość oraz ilość substancji. Ponadto ustalono dwie uzupełniające jednostki miar: radian — dla kąta płaskiego i steradian — dla kąta bryłowego (tabl. 1.1).

Jednostki podstawowe i uzupełniające określono następująco:

Metr (m) to długość drogi jaką przebędzie w próżni światło w czasie $\frac{1}{299792458}$ sekundy.

Kilogram (kg) to masa międzynarodowego wzorca tej jednostki przechowywanego w Międzynarodowym Biurze Miar w Sèvres koło Paryża.

Sekunda (s) to czas trwania 9 192 631 770 okresów promieniowania (o ściśle określonych parametrach) atomu cezu 133.

Tablica 1.1

Wielkości fizyczne oraz ich oznaczenia literowe i jednostki miar układu SI

Wielkości podstawowe			Jednostki podstawowe		
Lp.	nazwa	oznaczenia literowe	nazwa	oznaczenie	
1	długość	l	metr	m	
2	masa	m	kilogram	kg	
3	czas	t	sekunda	s	
4	prąd elektryczny	I	amper	A	
5	temperatura	T (Θ)	kelwin	K	
6	światość	I (I_v)	kandela	cd	
7	ilość materii	m	mol	mol	
Wielkości uzupełniające			Jednostki uzupełniające		
1	kąt płaski	α, β, γ	radian	rad	
2	kąt bryłowy	ω, Ω	steradian	sr	
Przykładowo wybrane wielkości pochodne			Wybrane jednostki pochodne		
	nazwa	oznaczenie literowe	nazwa	oznaczenie	wymiar
1	pole powierzchni	S ($S = l \cdot l$)	metr kwadratowy	m^2	m^2
2	objętość	V ($V = l \cdot l \cdot l$)	metr sześcienny	m^3	m^3
3	prędkość liniowa	v ($v = s/t$)	metr na sekundę	m/s	m/s
4	przyspieszenie liniowe	a ($a = v \cdot t$)	metr na kwadrat sekundy	m/s^2	m/s^2
5	siła	F ($F = m \cdot a$)	niuton	N	$(kg \cdot m)/s^2$
6	praca, energia, ciepło	L, E, Q ($L = F \cdot s$)	dżul	J	$(kg \cdot m^2)/s^2$
7	ciśnienie	p ($p = F/S$)	paskal	Pa	N/m^2

Amper (A) to wartość prądu elektrycznego nie zmieniającego się w czasie, który — płynąc w dwóch równoległych przewodach prostoliniowych nieskończenie długich, o przekroju kołowym znikomo małym, umieszczonych w odległości 1 m od siebie w próżni — wywołałby między tymi przewodami siłę równą $2 \cdot 10^{-7}$ N (niutona) na każdy metr długości przewodu.

Kelwin (K) to $\frac{1}{273,16}$ część temperatury termodynamicznej punktu potrójnego wody.

Kandela (cd) to światłość źródła emitującego w określonym kierunku promieniowanie monochromatyczne o częstotliwości $540 \cdot 10^{12}$ Hz (herców) i o natężeniu promieniowania w tym kierunku równym $\frac{1}{683} \frac{W}{sr}$ (wata na steradian).

Mol (mol) to ilość substancji układu zawierającego liczbę cząsteczek lub cząstek równą liczbie atomów węgla zawartych w masie 0,012 kg czystego nuklidu węgla ^{12}C.

Radian (rad) to kąt płaski zawarty między dwoma promieniami koła, wycinającymi z okręgu tego koła łuk o długości równej promieniowi.

Tablica 1.2

Wielokrotności i podwielokrotności jednostek miar

Mnożnik	Przedrostek	Oznaczenie	Przykład zastosowania
10^{12}	tera	T	teragram — 1 Tg = 10^{12} g
10^{9}	giga	G	gigagram — 1 Gg = 10^{9} g
10^{6}	mega	M	megagram — 1 Mg = 10^{6} g
10^{3}	kilo *	k	kilogram — 1 kg = 10^{3} g
10^{2}	hekto	h	hektogram — 1 hg = 10^{2} g
10^{1}	deka	da	dekagram — 1 dag = 10 g
1	—	—	gram — 1 g
10^{-1}	decy	d	decygram — 1 dg = 10^{-1} g
10^{-2}	centy	c	centygram — 1 cg = 10^{-2} g
10^{-3}	mili	m	miligram — 1 mg = 10^{-3} g
10^{-6}	mikro	µ	mikrogram — 1 µg = 10^{-6} g
10^{-12}	piko	p	pikogram — 1 pg = 10^{-12} g

* W jednostce kilogram — „kilo" nie jest krotnością; oznaczenie kg jest oznaczeniem jednostki podstawowej. Nazwa „kilogram" jest usprawiedliwiona historycznie.

Tablica 1.3

Wybrane wielkości elektryczne, ich oznaczenia literowe, nazwy i jednostki układu SI

Nazwa wielkości	Oznaczenie	Jednostka układu SI		Jednostki spotykane (spoza układu SI)
		nazwa	oznaczenie	
1	2	3	4	5
Prąd elektryczny	I	amper	A	
Gęstość prądu	J; S	amper na metr kwadratowy	A/m²	
Ładunek elektryczny	Q	kulomb	C	amperogodzina (A · h) 1A · h = 3600 C
Indukcja elektryczna	D	kulomb na metr kwadratowy	C/m²	
Natężenie pola elektrycznego	E	wolt na metr	V/m	
Potencjał elektryczny	V; φ	wolt	V	
Napięcie; różnica potencjałów	U	wolt	V	
Siła elektromotoryczna	E	wolt	V	
Pojemność elektryczna	C	farad	F	
Rezystacja; opór czynny	R	om	Ω	
Konduktancja, przewodność czynna	G	simens	S	
Rezystywność, opór właściwy	ρ	omometr	Ω · m	om razy milimetr kwadratowy na metr $\left(\frac{\Omega \cdot mm^2}{m}\right)$ $1 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m} = 10^{-6} \Omega \cdot m$
Konduktywność, przewodność właściwa	γ; σ	siemens na metr	S/m	
Indukcja magnetyczna	B	tesla	T	gaus (Gs) 1 Gs = 10^{-4} T
Strumień magnetyczny	Φ	weber	Wb	makswel (Mx) 1 Mx = 10^{-8} Wb
Przenikalność magnetyczna	μ	henr na metr	H/m	

Steradian (sr) to kąt bryłowy o wierzchołku w środku kuli, wycinający z powierzchni tej kuli pole równe kwadratowi jej promienia.

Za pomocą jednostek podstawowych i uzupełniających określa się **jednostki pochodne**, np. jednostki: objętości — m^3, prędkości — m/s, pola magnetycznego — m/A.

Aby ułatwić liczbowe wyrażanie wielkości o bardzo dużej, albo o bardzo małej wartości, stosuje się wielokrotności lub podwielokrotności jednostek podstawowych i pochodnych. **Krotności jednostek miar** tworzy się przez dodanie do nazwy jednostki podstawowej (lub pochodnej) odpowiedniego **przedrostka**.

Na przykład miliamper jest podwielokrotnością ampera.

$$1 \text{ mA} = 10^{-3} \text{ A, tj. } 0{,}001 \text{ A},$$

a kiloamper — jego wielokrotnością

$$1 \text{ kA} = 10^{3} \text{ A, tj. } 1000 \text{ A}.$$

Przedrostki do tworzenia krotności jednostek miar podano w tablicy 1.2.

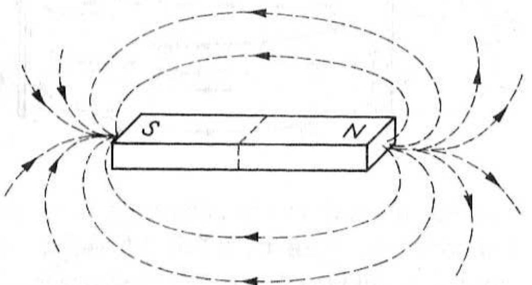
W tablicy 1.3 podano wybrane wielkości elektryczne i ich jednostki układu SI oraz stosowane jeszcze w elektrotechnice jednostki nie należące do układu SI.

2. Magnetyzm i elektromagnetyzm

2.1. Pole magnetyczne

W przyrodzie występuje minerał, zwany magnetytem, który wykazuje właściwości magnetyczne. Jest to **magnes naturalny (trwały)**.

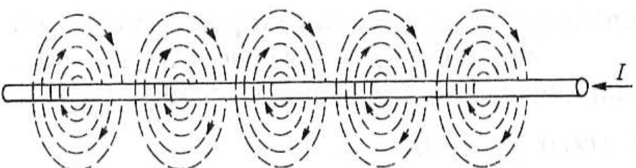
Magnesy sztuczne są wykonywane z twardej stali, niklu lub kobaltu i magnesowane za pomocą prądu elektrycznego lub magnesów trwałych.



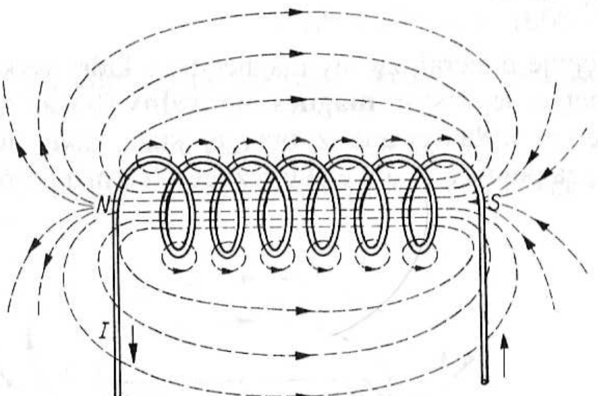
Rys. 2.1. Magnes trwały. Linie przedstawione na rysunku określają kierunki działania sił pola magnetycznego

Magnes ma dwa bieguny — północny oznaczany *N* i południowy *S* (rys. 2.1). Wokół magnesu wytwarza się pole magnetyczne. W polu magnetycznym występują siły magnetyczne, działające wzdłuż linii przedstawionych na rys. 2.1. Bieguny jednoimienne dwóch magnesów (np. *N–N*) odpychają się wzajemnie, natomiast bieguny różnoimienne (*N–S*) — się przyciągają.

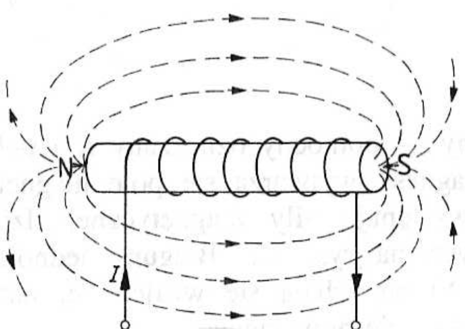
Pole magnetyczne powstaje także wokół przewodnika, przez który płynie prąd elektryczny. Linie sił pola magnetycznego obrazuje rys. 2.2. Przewód zwinięty na kształt walca tworzy **cewkę elektryczną** (solenoid), a płynący przez nią prąd również wytwarza pole magnetyczne (rys. 2.3). Prąd płynący przez cewkę elektryczną wytwarza pole magnetyczne wokół każdego zwoju. Pola magnetyczne poszczególnych zwojów tworzą wspólny strumień magnetyczny, który przybiera kształt podobny do pola magnetycznego magnesu trwałego.



Rys. 2.2. Pole magnetyczne wokół przewodnika, przez który płynie prąd



Rys. 2.3. Pole magnetyczne cewki, przez którą płynie prąd

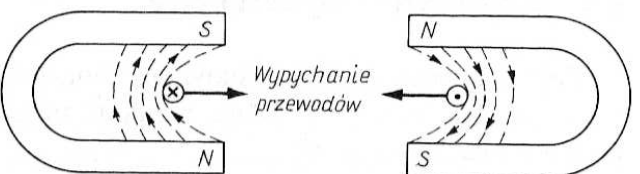


Rys. 2.4. Elektromagnes

Cewka nawinięta na rdzeń wykonany z miękkiej stali tworzy **elektromagnes** (rys. 2.4). Rdzeń zagęszcza linie magnetyczne, wzmacniając pole magnetyczne cewki. W przypadku zmiany kierunku prądu w uzwojeniu zmieniają się bieguny elektromagnesu. Gdy prąd przestaje płynąć, wówczas rdzeń traci właściwości magnetyczne, zachowując przez jakiś czas tzw. **magnetyzm szczątkowy**.

2.2. Indukcja magnetyczna

Przewodnik, w którym płynie prąd elektryczny, oddziałuje na bieguny igły magnetycznej. Zgodnie z zasadą wzajemności oddziaływania również pole magnetyczne oddziałuje na przewodnik z prądem. Przedstawia to rys. 2.5. Oddziaływanie pola magnetycznego na przewodnik przejawia się w tym przypadku wypychaniem przewodu z przestrzeni między biegunami magnesu. Z jednej strony przewodnika linie magnetyczne obu pól (przewodnika i magnesu) zagęszczają się, a z drugiej rozrzedzają się. Ponieważ pole magnetyczne dąży do równomiernego zagęszczenia, więc przewód będzie wypychany w kierunku od zagęszczonego do rozrzedzonego (słabszego) pola magnetycznego (rys. 2.5).

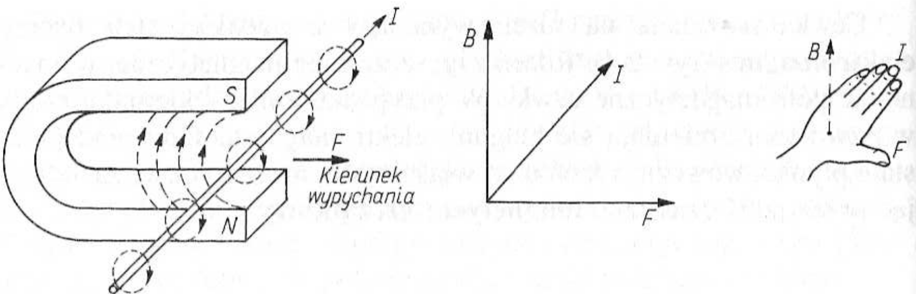


Rys. 2.5. Działanie pola magnetycznego na przewodnik z prądem

Wielkością charakteryzującą pole magnetyczne w danym miejscu jest **indukcja magnetyczna *B***. Jednostką indukcji magnetycznej jest **tesla** (T), tzn. indukcja o takiej wartości, której odpowiada działanie siły 1 N na przewód długości 1 m (umieszczony prostopadle do linii pola magnetycznego), przez który płynie prąd o wartości 1 A

$$1\ \mathrm{T} = 1\ \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{A \cdot m}}$$

Indukcja magnetyczna jest wielkością wektorową, mającą zwrot zgodny ze zwrotem linii sił pola magnetycznego.



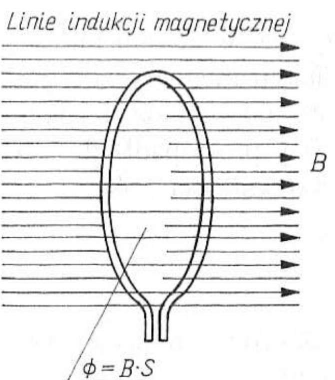
Rys. 2.6. Reguła lewej dłoni

Kierunek siły F oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik, przez który płynie prąd, wyznacza się za pomocą **reguły lewej dłoni** (rys. 2.6):

Jeżeli lewą dłoń ułożymy tak, aby linie pola magnetycznego B były skierowane ku wewnętrznej stronie dłoni, a palce wskazywały kierunek I, to odchylony kciuk wskaże kierunek siły F oddziaływania pola magnetycznego.

2.3. Strumień magnetyczny

Pole magnetyczne przedstawiamy obrazowo jako linie indukcji magnetycznej (rys. 2.7). Linie indukcji magnetycznej tworzą tzw. strumień magnetyczny Φ.



Rys. 2.7. Strumień magnetyczny w równomiernym polu magnetycznym

Strumień magnetyczny Φ jest to wartość indukcji magnetycznej B przenikającej przez dowolną powierzchnię S. Jeśli linie indukcji magnetycznej są liniami prostymi równoległymi, a powierzchnia przez którą przenikają jest prostopadła do tych linii (jak zwój na rys. 2.7), to pole magnetyczne jest równomierne. W polu magnetycznym równomiernym strumień magnetyczny oblicza się wg wzoru

$$\Phi = B \cdot S \qquad (2.1)$$

Jednostką strumienia magnetycznego jest weber

$$1 \text{ Wb} = 1 \text{ T} \cdot 1 \text{ m}^2$$

2.4. Właściwości magnetyczne materiałów

Występujące w przyrodzie substancje można podzielić na:

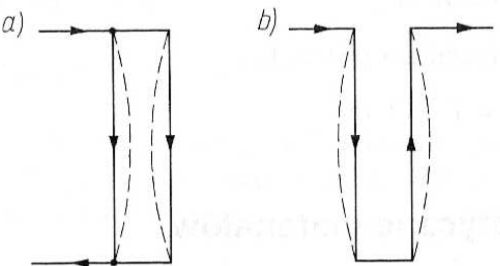
- **ciała diamagnetyczne** (np.: cynk, srebro, krzem, woda), które nie poddają się magnesowaniu;
- **ciała paramagnetyczne** (np.: aluminium, magnez, platyna), które wykazują słabe właściwości magnetyczne;
- **ciała ferromagnetyczne** (np.: żelazo, kobalt, nikiel, gadolin), które łatwo dają się magnesować i dlatego zachowują silne właściwości magnetyczne.

Ciała ferromagnetyczne (zwane też ferromagnetykami lub ferrytami) otrzymuje się także sztucznie, przez spiekanie sproszkowanych tlenków żelaza z innymi metalami (nikiel, miedź, cynk, mangan). W zależności od składu ferryty zachowują się jak stal twarda, tzn. długo zachowują właściwości magnetyczne (magnesy trwałe) lub jak stal miękka, tzn. właściwości magnetyczne wykazują tylko w obecności innego pola (elektromagnesy).

2.5. Wzajemne oddziaływanie przewodników z prądem

Prąd płynący w przewodniku wytwarza wokół tego przewodnika pole magnetyczne. Jeżeli równolegle umieścimy drugi przewodnik z prądem (rys. 2.8), to oba te przewodniki zaczną oddziaływać na

siebie, gdyż każdy z nich będzie w zasięgu pola magnetycznego drugiego przewodnika. Sposób wzajemnego oddziaływania tych przewodników zależy od kierunku przepływu prądu. Jeśli prąd płynący w dwóch równoległych przewodnikach ma ten sam zwrot, to przewodniki te się przyciągają (rys. 2.8*a*), jeśli zaś zwroty są przeciwne, to przewodniki się odpychają (rys. 2.8*b*).

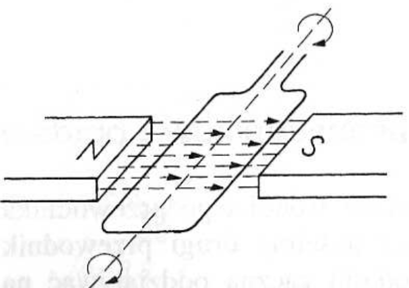


Rys. 2.8. Wzajemne oddziaływanie przewodników z prądem: *a*) o tych samych zwrotach; *b*) o zwrotach przeciwnych

Siła wzajemnego oddziaływania jest tym większa, im większą wartość ma prąd w przewodnikach oraz im dłuższe są odcinki oddziałujących na siebie przewodów. Gdy zwiększy się odległość między przewodami, wówczas siła oddziaływania maleje.

2.6. Indukcja elektromagnetyczna

W przewodzie poruszającym się w polu magnetycznym (rys. 2.9) lub w obwodzie zamkniętym, obejmującym zmienny w czasie strumień magnetyczny, indukuje się **siła elektromotoryczna**. Zjawisko to nazwano **indukcją elektromagnetyczną**. Występuje ono również wtedy, kiedy przewód znajdzie się w polu magnetycznym zmieniającym swą wartość.



Rys. 2.9. Wzbudzanie prądu elektrycznego na zasadzie obracania ramki w polu magnetycznym

Im dłuższy jest przewód przecinający linie magnetyczne, im silniejszy jest strumień magnetyczny oraz im szybsze są zmiany pola magnetycznego (lub większa jest prędkość poruszającego się w nim przewodu), tym większą wartość ma indukowana siła elektromotoryczna.

Gdy nie pobieramy prądu, wówczas siła elektromotoryczna jest równa napięciu na końcach przewodu.

Wartość siły elektromotorycznej stanowi informację o wartości energii źródła prądu oraz o wartości energii oddawanej przez źródło na zewnątrz.

2.7. Indukcja własna

Indukcja własna (samoindukcja) jest to zjawisko indukowania się siły elektromotorycznej w cewce pod wpływem zmian prądu, płynącego przez tę cewkę.

Jednostką indukcyjności własnej jest **henr** (H)

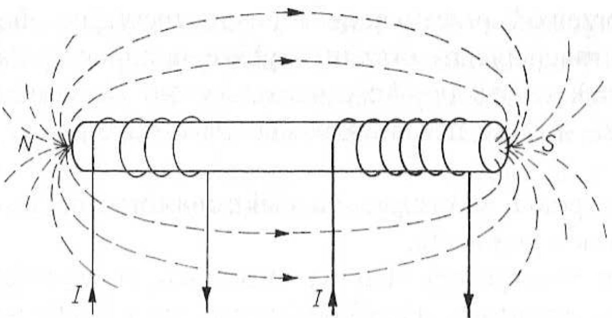
$$1\ \mathrm{H} = 1\,\frac{\mathrm{V \cdot s}}{\mathrm{A}}$$

Indukcyjność cewki (o znikomo małej rezystancji) wynosi jeden henr, gdy zmiana prądu o jeden amper na sekundę indukuje na zaciskach tej cewki napięcie równe jednemu woltowi.

2.8. Indukcja wzajemna

Indukcja wzajemna jest to zjawisko polegające na tym, iż prąd płynący w jednym obwodzie zamkniętym może spowodować powstanie prądu w drugim obwodzie zamkniętym, pomimo iż nie są one ze sobą połączone.

Jeśli na wspólnym rdzeniu są nawinięte dwa nie połączone ze sobą uzwojenia (rys. 2.10) — pierwotne, przez które płynie prądy stały, i wtórne, stanowiące oddzielny obwód — to linie pola magnetycznego wytwarzanego przez uzwojenie pierwotne będą przecinać uzwojenia obwodu wtórnego. Z chwilą przerwania przepływu prądu w uzwojeniu pierwotnym jego pole magnetyczne zanika, a w uzwojeniu wtórnym



Rys. 2.10. Dwie cewki sprzężone magnetycznie

powstaje chwilowe napięcia (płynie prąd). Jeżeli uzwojenie wtórne ma więcej zwojów niż pierwotne, to powstałe w nim napięcie będzie większe niż w uzwojeniu pierwotnym.

> Indukcyjność dwóch cewek wynosi jeden henr, gdy zmiana prądu w jednej cewce o jeden amper na sekundę indukuje w drugiej cewce napięcie równe jednemu woltowi.

2.9. Praktyczne wykorzystanie zjawisk magnetycznych w instalacjach elektrycznych pojazdów

Zjawiska magnetyczne i elektromagnetyczne są wykorzystywane między innymi w:

— prądnicach elektrycznych (alternatorach), wykorzystujących zjawisko indukcji elektromagnetycznej do przemiany energii mechanicznej w elektryczną;
— silnikach elektrycznych, w których wykorzystano zjawisko wypychania przewodu z prądem z obszaru pola magnetycznego (elektromagnetycznego); w silnikach elektrycznych następuje przemiana energii elektrycznej w mechaniczną;
— cewkach zapłonowych, w których zjawisko indukcji wzajemnej wykorzystano w celu uzyskania wysokiego napięcia do wywołania iskry elektrycznej w świecy zapłonowej;
— rozrusznikach, regulatorach prądnic i alternatorów, przerywaczach kierunkowskazów i przekaźnikach;
— instalacjach antywłamaniowych.

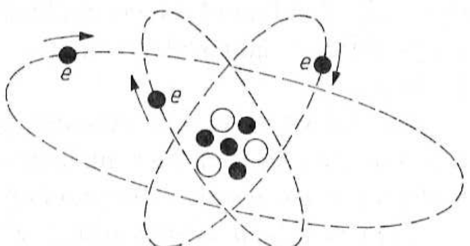
3. Prąd elektryczny

3.1. Istota prądu elektrycznego

Zjawiska elektryczne są związane z budową materii. Każda substancja jest zbudowana z atomów, a te z kolei z cząstek elementarnych: neutronów, protonów i elektronów.

Proton, wchodzący w skład jądra atomu, zawsze zawiera elementarny ładunek dodatni (+), natomiast krążący wokół jądra atomu **elektron** ma elementarny ładunek ujemny (–).

Elektron ma najmniejszą „porcję" ładunku elektrycznego, zwaną **ładunkiem elementarnym**.



Rys. 3.1. Budowa atomu litu wg [14]

Na rysunku 3.1 przedstawiono schematycznie budowę atomu litu (trzeci z kolei pierwiastek w układzie Mendelejewa). Jądro tego atomu składa się z 3 protonów i 4 neutronów. Po orbitach atomu krążą 3 elektrony.

Elektrony krążące po zewnętrznych orbitach są luźno związane z jądrem atomu (protonami) wiązaniem elektrycznym. Na skutek oddziaływania innych atomów lub energii zewnętrznej (np. ciepła, pola magnetycznego czy elektrycznego) mogą one zostać wyrwane z orbity macierzystego atomu i poruszać się jako **elektrony swobodne** pomiędzy atomami struktury danego ciała.

Elektrony swobodne poruszają się chaotycznie. Natomiast pod wpływem pola elektrycznego ruch elektronów swobodnych staje się uporządkowany. Mówimy wówczas, że „płynie" prąd elektryczny.

Swobodny ruch elektronów występuje w metalach. Natomiast w roztworach kwasów, zasad i soli, to znaczy w **elektrolitach**, przepływ prądu elektrycznego polega na ruchu jonów dodatnich i ujemnych w przeciwnych kierunkach.

Jony dodatnie są to cząsteczki (molekuły) o mniejszej liczbie elektronów niż protonów, natomiast **jony ujemne** mają nadmiar elektronów.

3.2. Rodzaje prądu elektrycznego

Jak już wiemy, prąd elektryczny to uporządkowany ruch swobodnych elektronów w przewodniku.

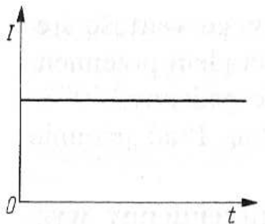
Rozróżnia się prąd elektryczny stały i zmienny.

Prąd stały to prąd elektryczny, którego kierunek i wartość są stałe (rys. 3.2). Źródłami takiego prądu są: ogniwa galwaniczne, akumulatory, prądnice prądu stałego oraz — pośrednio — prostowniki i przetworniki.

Prąd stały może być również jednokierunkowy wzrastający (rys. 3.3) lub jednokierunkowy malejący (rys. 3.4). Prąd jednokierunkowy malejący wytwarza np. akumulator podczas rozładowania.

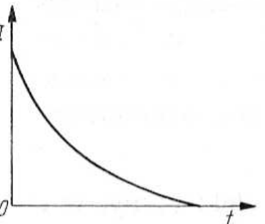
Prąd stały ma zastosowanie w instalacjach elektrycznych samochodów i ciągników (6 V, 12 V lub 24 V).

Prąd zmienny to prąd elektryczny, którego wartość i kierunek zmieniają się w czasie. Jeżeli zmiany te zachodzą w równych przedziałach czasu, to mamy do czynienia z napięciem i prądem okresowym lub okresowo zmiennym.

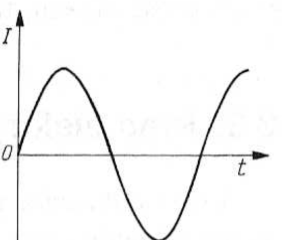


Rys. 3.2. Prąd stały wg [12]

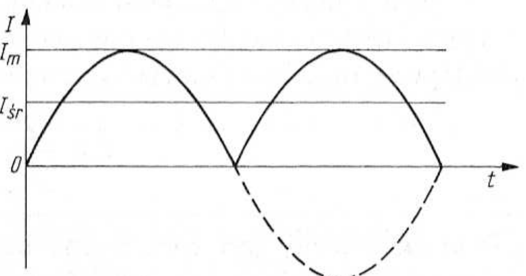
Rys. 3.3. Prąd jednokierunkowy wzrastający wg [12]



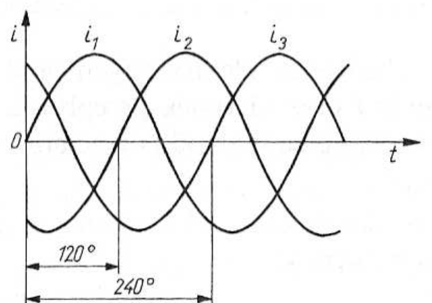
Rys. 3.4. Prąd jednokierunkowy malejący wg [12]



Rys. 3.5. Prąd przemienny sinusoidalny wg [12]



Rys. 3.6. Prąd przemienny wyprostowany (pulsujący) wg [12]



Rys. 3.7. Prąd trójfazowy (małą literą *i* oznacza się chwilowe wartości prądu) wg [20]

Prądem przemiennym nazywamy prąd, którego wartość średnia w ciągu jednego okresu wynosi zero (rys. 3.5). Prądem przemiennym jest np. powszechnie używany prąd sinusoidalnie zmienny.

Nazwa prąd zmienny jest więc nazwą ogólną. Prąd przemienny jest jedną z odmian prądu zmiennego.

Inną odmianą prądu zmiennego jest **prąd przemienny wyprostowany**, nazywany też pulsującym (rys. 3.6). Zmienia on okresowo swą wartość, nie zmieniając jednak kierunku.

Prąd trójfazowy to zbiór trzech prądów przemiennych (wytwarzanych przez tę samą prądnicę), przesuniętych względem siebie o 1/3 część okresu, tj. o 120° (rys. 3.7).

3.3. Prąd elektryczny

Przez odbiornik prądu, włączony w obwód elektryczny, w ciągu jednej sekundy może przepływać różna liczba elektronów. Im liczba ta jest większa, tym intensywniejsze oddziaływanie magnetyczne, cieplne bądź chemiczne zachodzi w tym odbiorniku.

Stosunek liczby elektronów (ładunku elektrycznego) Q do czasu t, w ciągu którego przepływają one przez odbiornik, nazywamy **prądem elektrycznym** I. Przedstawia to następująca zależność

$$I = \frac{Q}{t} \tag{3.1}$$

Prąd elektryczny jest więc równy ładunkowi elektrycznemu (tzn. liczbie elektronów) przepływającemu w jednostce czasu przez dowolny przekrój przewodnika.

Na schematach elektrycznych prąd stały określamy podając jego oznaczenie I oraz kierunek przepływu. Prąd stały w obwodzie elektrycznym płynie zawsze od potencjału wyższego do niższego, czyli od „+" do „–".

Jednostką ładunku elektrycznego jest **kulomb** (amperosekunda), oznaczany literą C

$$1\ \text{C} = 1\ \text{A} \cdot \text{s}$$

Jeden kulomb odpowiada ładunkowi $6{,}25 \cdot 10^{18}$ elektronów. Jeżeli do wzoru $I = \frac{Q}{t}$ ładunek elektryczny podstawimy w kulombach i czas w sekundach, to wartość prądu otrzymamy w amperach

$$1\ \text{A} = 1\ \frac{\text{C}}{\text{s}}$$

Prąd elektryczny ma wartość jednego ampera, gdy przez dowolny przekrój przewodnika w ciągu jednej sekundy przepływa liczba elektronów odpowiadająca jednemu kulombowi.

Ładunek elektryczny zgromadzony w akumulatorze wyraża się w **amperogodzinach** (A · h)

$$1\ \text{A} \cdot \text{h} = 3600\ \text{A} \cdot \text{s} = 3600\ \text{C}$$

3.4. Siła elektromotoryczna

Istotę zjawiska, jakim jest prąd elektryczny, stanowi ruch ładunków elektrycznych. W otoczeniu ładunków elektrycznych powstaje pole elektryczne, zawierające energię. Dzięki tej energii ładunki elektryczne, znajdujące się pod działaniem pola elektrycznego, przemieszczają się wykonując pracę.

Zdolność ładunku elektrycznego do wykonania pracy, przy jednoczesnym pokonywaniu oporu obwodu, w którym on przemieszcza się nazywamy **napięciem**. Jednostką napięcia jest **wolt** (V). Jeden wolt jest to zdolność ładunku elektrycznego o wartości 1 kulomba do wykonania pracy o wartości 1 dżula

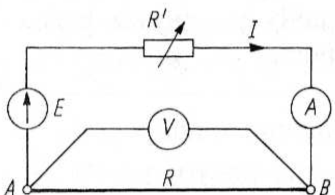
$$1\ \text{V} = 1\ \frac{\text{J}}{\text{C}} = 1\ \frac{\text{J}}{\text{A} \cdot \text{s}}$$

Jeżeli ładunki elektryczne pobierają energię ze źródła napięcia (akumulator), to mamy do czynienia z **napięciem źródłowym**, zwanym **siłą elektromotoryczną** (E).

Jeżeli ładunki oddają energię, to występuje wtedy **napięcie odbiornikowe**, zwane **spadkiem napięcia** (U).

3.5. Prawo Ohma

Badania nad przepływem prądu przez różne przewodniki jako pierwszy prowadził niemiecki fizyk Georg Ohm (w 1826 r.). Włączając kolejno różne przewody do zacisków A i B (rys. 3.8) stwierdził, iż prąd w obwodzie miał różne wartości. Ohm tłumaczył to zjawisko zróżnicowaniem oporów, jakie przewody te stawiały przepływowi prądu elektrycznego.



Rys. 3.8. Pomiar rezystancji przewodu wg [14]

Zmieniając napięcie na zaciskach A i B, przy dowolnym przewodzie, uczony ten stwierdził, iż prąd jest proporcjonalny do napięcia.

Wyniki badań Ohm zapisał w postaci wzoru

$$I = \frac{U}{R} \tag{3.2}$$

w którym R oznacza **opór elektryczny**, zwany **rezystancją**.

Na tej podstawie sformułował prawo fizyczne, powszechnie zwane **prawem Ohma**.

> Prąd w przewodniku jest wprost proporcjonalny do przyłożonego do jego końców napięcia, a odwrotnie proporcjonalny do rezystancji przewodnika.

Prawo Ohma można również przedstawić w postaci

$$U = R \cdot I$$

> Napięcie na końcach przewodnika, przez który płynie prąd elektryczny, jest równe iloczynowi rezystancji przewodnika i prądu.

Rezystancję przewodnika można obliczyć mierząc prąd i napięcie

$$R = \frac{U}{I}$$

Jednostką rezystancji jest **om**, oznaczany grecką literą Ω (omega)

$$1\ \Omega = 1\ \frac{\mathrm{V}}{\mathrm{A}}$$

> Jeden om to rezystancja między dwoma punktami przewodu, gdy niezmienna różnica potencjałów między tymi punktami, równa jednemu woltowi, wywołuje w przewodzie prąd o wartości jednego ampera, a przewód nie jest źródłem siły elektromotorycznej.

3.6. Rezystancja przewodników

W elektrotechnice zwykle stosuje się przewody o jednakowym przekroju S na całej długości l. Im większa jest długość przewodu, tym dłuższą drogę muszą przebyć elektrony swobodne, a więc tym większy jest opór, jaki przewód stawia przepływowi prądu elektrycznego. Jeżeli zastosujemy przewód z tego samego materiału, o takiej samej długości, ale o większym przekroju, to droga, po której przesuwają się elektrony swobodne jest „szersza" i dzięki temu stawia mniejszy opór przepływowi prądu elektrycznego.

> Rezystancja przewodu jest wprost proporcjonalna do jego długości, a odwrotnie proporcjonalna do jego przekroju.

Ponadto zależy ona od materiału, z którego przewód wykonano.

Rezystancję przewodu można zatem określić wzorem

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \tag{3.3}$$

We wzorze tym ρ (ro) jest wielkością charakteryzującą materiał, z którego wykonano przewód; nazywamy ją **oporem właściwym** albo **rezystywnością**.

Jednostką rezystywności jest **omometr** ($\Omega \cdot m$). Wynika to z przekształcenia wzoru (3.3) do postaci

$$\rho = \frac{R \cdot S}{l}$$

Ponieważ w tym wzorze rezystancja R jest wyrażona w omach, pole powierzchni przekroju S przewodu w metrach kwadratowych, a długość l przewodu w metrach, przeto jednostką rezystywności ρ jest $1 \frac{\Omega \cdot m^2}{m} = 1\ \Omega \cdot m$.

Przekroje przewodów zazwyczaj są bardzo małe, dlatego wyraża się je w milimetrach kwadratowych. Wówczas jednostką rezystywności jest $1 \frac{\Omega \cdot mm^2}{m}$.

Im mniejsza jest rezystywność danego materiału, tym lepszym jest on przewodnikiem elektrycznym. Najlepsze przewodniki elektryczne to złoto i srebro, rzadko stosowane ze względu na wysoką cenę. Niewiele ustępują im miedź i aluminium, powszechnie używane do wyrobu przewodów i kabli.

Opornikiem lub **rezystorem** nazywamy bierny element obwodu elektrycznego, wykonany celowo dla uzyskania wymaganych parametrów i poprawnej pracy danego obwodu elektrycznego.

Ze względu na opór właściwy (rezystywność) materiały dzielimy na:

— **Przewodniki** — metale i węgiel, przewodzące elektrony, oraz wodne roztwory zasad, kwasów i soli, w których prąd występuje w postaci ruchu jonów dodatnich i ujemnych.

— **Izolatory** (dielektryki) — gazy, oleje, szkło, porcelana, azbest, guma, papier, tkaniny, mika, igelit itp.

— **Półprzewodniki** — selen, german, krzem, uran, tlenki miedzi i in.; w pewnych warunkach zachowują się one jak izolatory, w innych jak przewodniki. Czynniki powodujące zmiany właściwości tych materiałów to m.in. światło i temperatura.

Ponieważ z przewodników wykonuje się instalację elektryczną pojazdów, więc warto pamiętać, iż ich rezystancja ulega zmianie pod wpływem zmian temperatury. Wraz ze wzrostem temperatury rezystancja metali wzrasta, a rezystancja dielektryków oraz węgla maleje.

3.7. Energia i moc elektryczna

Prześledźmy proces energetyczny związany z przepływem prądu elektrycznego przez przewodniki.

Do przeniesienia ładunku elektrycznego Q w przewodniku od punktu o potencjale V_1 do punktu o potencjale V_2 niezbędna jest praca W w postaci energii elektrycznej

$$W = (V_1 - V_2) \cdot Q = U \cdot Q \qquad (3.4)$$

gdzie U oznacza napięcie równe różnicy potencjałów, natomiast Q — ładunek przenoszony przez prąd stały I w czasie t

$$Q = I \cdot t \qquad (3.5)$$

Energia elektryczna (praca) pobrana w czasie t przez odbiornik przy napięciu U oraz prądzie I wyraża się wzorem

$$W = U \cdot I \cdot t \qquad (3.6)$$

Jednostką energii (pracy) elektrycznej w układzie SI jest **dżul**, oznaczany literą J

$$1\ J = 1\ V \cdot A \cdot s$$

Dzieląc obie strony równania (3.6) przez t, otrzymamy

$$\frac{W}{t} = U \cdot I = P \qquad (3.7)$$

Stosunek energii (pracy) do czasu nazywamy **mocą** i oznaczamy literą P. Moc jest równa pracy wykonanej albo energii zużytej w jednostce czasu.

W układzie SI moc mierzymy w **watach** (W)

$$1\ W = 1\ V \cdot A$$

Moc elektryczna jest równa iloczynowi napięcia i prądu (wzór 3.7)).

Jednostka energii **dżul** odpowiada więc watosekundzie

$$1\ J = 1\ V \cdot A \cdot s = 1\ W \cdot s$$

W praktyce często stosuje się jednostkę zwaną kilowatogodziną

$$1\ kW \cdot h = 1000\ W \cdot 3600\ s = 3{,}6 \cdot 10^6\ J$$

Moc jest ważnym parametrem, informującym użytkownika o możliwości pracy danego urządzenia. W celu uniknięcia nieporozumień wprowadzono pojęcie mocy znamionowej.

Moc znamionowa (nominalna) to moc danego urządzenia w określonych warunkach pracy, podawana przez producenta. Każde urządzenie elektryczne jest projektowane i wykonywane przy założeniu określonej wartości mocy znamionowej.

3.8. Obwody elektryczne

3.8.1. Definicja obwodu elektrycznego

Obwód elektryczny jest to zespół różnego rodzaju odbiorników i źródeł energii elektrycznej, połączonych za pomocą przewodów i łączników. Zadaniem obwodu elektrycznego jest przekazanie energii elektrycznej ze źródła energii (np. akumulator, prądnica) do odbiorników (np. silnik elektryczny, żarówka).

Obwód elektryczny składa się z elementów aktywnych i pasywnych.

Elementy **aktywne** to:
- źródła napięcia (ogniwa, akumulatory),
- źródła prądu (prądnice, generatory).

Elementy **pasywne** to m.in.:
- rezystory, żarówki, przewody łączące,
- kondensatory,
- cewki indukcyjne.

Obwody elektryczne rysujemy w postaci schematów z zastosowaniem symboli graficznych (tabl. 3.1).

Tablica 3.1

Wybrane symbole graficzne stosowane w elektrotechnice samochodowej

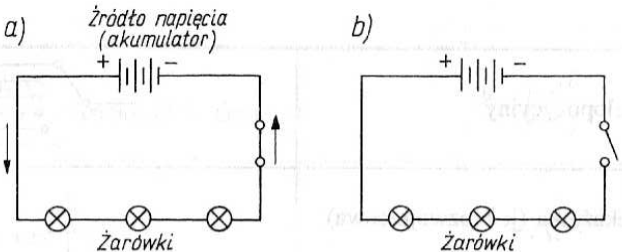
Nazwa	Symbol
Prąd stały. Napięcie stałe	lub
Prąd przemienny. Napięcie przemienne	~
Impendancja	Z
Rezystancja	R
Reaktancja: — symbol ogólny — reaktancja indukcyjna — reaktancja pojemnościowa	 X X_L X_C
Połączenie stałe	
Połączenie rozłączne. Zacisk	
Przewód	
Skrzyżowanie przewodów elektrycznych: — bez połączenia — z połączeniem stałym	
Rozgałęzienie przewodów: — z połączeniem stałym — z połączeniem rozłącznym	

Uziemienie	
Połączenie z korpusem, obudową (masą)	
Nastawność: — symbol ogólny — liniowa — nieliniowa	
Biegun dodatni	+
Biegun ujemny	−
Galwaniczne źródło napięcia (znak + można pominąć)	+
Łącznik: — symbol ogólny — z zaznaczonymi zaciskami — wyłącznik — rozłącznik — połącznik	
Bezpiecznik	
Transformator	lub
Dioda prostownicza	
Dioda Zenera	
Dioda luminescencyjna (LED)	

Tranzystor (*E* — emiter, *B* — baza, *C* — kolektor)	E C B E C B
Tyrystor	
Prądnica prądu stałego	G
Prądnica prądu przemiennego	G ~
Prądnica prądu trójfazowego	G 3~
Silnik prądu stałego	M
Magnes trwały	lub N
Żarówka	
Świeca zapłonowa	
Grzejnik	
Woltomierz	V
Amperomierz	A
Fototranzystor NPN	B C E
Tranzystor PNP	B C E

Tranzystor polowy (*G* — bramka, *S* — źródło, *D* — dren)	G D S
Cewka: — wariant główny — z rdzeniem dla wielkich częstotliwości — strojeniowa (nastawna)	
Kondensator: — symbol ogólny — elektrolityczny — obrotowy — strojeniowy (trymer)	+
Prostownik mostkowy	– ~ + ~ lub – ~ + ~
Łącznik jednobiegunowy: — zwierny — rozwierny	lub lub
Łącznik dwubiegunowy	
Przełącznik jednobiegunowy	
Przełącznik dwubiegunowy	

Łącznik wielopozycyjny	
Cewka przekaźnika (jednozwojnicowa)	
Punkt przyłączowy	lub
Głośnik	
Mikrofon	
Przyrząd pomiarowy; wskaźnik	
Wzmacniacz operacyjny	E_1 + E_2 –
Antena	
Antena dipolowa	
Rezystor (opornik)	
Rezystor nastawny (potencjometr regulacyjny)	
Potencjometr (obrotowy)	
Fotorezystor	



Rys. 3.9. Obwód zamknięty (*a*) oraz obwód otwarty (*b*) wg [1]

Rozróżnia się obwody elektryczne zamknięte (łącznik w pozycji zamkniętej — rys. 3.9*a*) i obwody elektryczne otwarte (łącznik w pozycji rozwartej — rys. 3.9*b*).

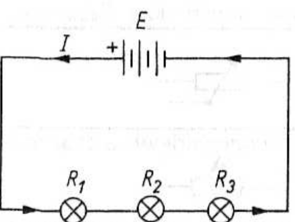
Obwód elektryczny, w którym przez wszystkie elementy płynie ten sam prąd, nazywamy prostym lub nierozgałęzionym, a taki sposób połączenia elementów nazywamy **połączeniem szeregowym** (rys. 3.9).

3.8.2. Łączenie szeregowe rezystorów

W przypadku połączenia szeregowego rezystory (np. żarówki — rys. 3.10) są włączone w obwód jeden za drugim, tworząc jedną drogę dla przepływającego prądu. W miarę zwiększania liczby odbiorników rezystancja obwodu się zwiększa, natomiast prąd w nim płynący maleje, jednak w każdym z odbiorników ma on tę samą wartość.

Całkowity opór obwodu złożonego z odbiorników (rezystorów) połączonych szeregowo jest sumą oporów poszczególnych odbiorników (rezystorów)

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \tag{3.8}$$

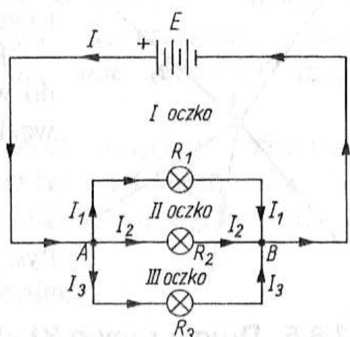


Rys. 3.10. Połączenie szeregowe rezystorów

3.8.3. Obwód rozgałęziony — równoległe połączenie rezystorów

Jeżeli elementy obwodu są połączone w taki sposób, iż przez każdy z nich płynie inny prąd, to takie połączenie nazywamy **połączeniem równoległym** (rys. 3.11). Odpowiadający takiemu połączeniu obwód elektryczny nazywamy **obwodem rozgałęzionym**.

W przypadku równoległego połączenia rezystorów (np. żarówek — rys. 3.11) jedne końcówki rezystorów są połączone z biegunem dodatnim (+), a drugie z biegunem ujemnym (–) źródła napięcia. Przy takim połączeniu droga prądu rozchodzi się na co najmniej dwa rozgałęzienia, utworzone z różnych przewodów, które następnie znów się łączą w jeden przewód.



Rys. 3.11. Połaczenie równoległe rezystorów

W obwodzie przedstawionym na rys. 3.11 istnieje kilka dróg przepływu prądu. Miejsca rozgałęzień obwodu elektrycznego są nazywane **węzłami** (punkty *A* i *B*).

Droga przepływu tego samego prądu, czyli odcinek obwodu włączony między dwa różne węzły, nazywa się **gałęzią obwodu**. W przypadku omawianego obwodu są to odcinki, w których płyną prądy: I, I_1, I_2, I_3.

Zbiór gałęzi tworzących jedną zamkniętą drogę przepływu prądu nazywa się **oczkiem** (np. gałęzie, w których płyną prądy I i I_1).

W celu uproszczenia obliczeń obwód z grupą rezystorów połączonych równolegle można zastąpić jednym rezystorem, którego rezystancję zastępczą oblicza się wg wzoru

$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}} \tag{3.9}$$

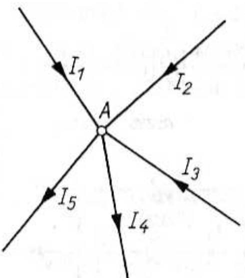
3.8.4. Pierwsze prawo Kirchhoffa

Pierwsze prawo Kirchhoffa dotyczy rozpływu prądów w węźle obwodu i głosi, że:

> W każdym węźle obwodu elektrycznego suma algebraiczna prądów jest równa zeru.

Tak więc dla węzła A na rys. 3.12 możemy napisać

$$I_1 + I_2 + I_3 - I_4 - I_5 = 0 \quad \text{lub} \quad I_1 + I_2 + I_3 = I_4 + I_5 \tag{3.10}$$



Suma prądów dopływających do węzła jest równa sumie prądów z niego wypływających.

Przyjęto, iż prądy wpływające mają kierunek do węzła (I_1, I_2, I_3), a prądy wypływające — od węzła (I_4, I_5).

Rys. 3.12. Ilustracja pierwszego prawa Kirchhoffa

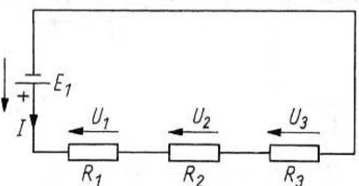
3.8.5. Drugie prawo Kirchhoffa

Drugie prawo Kirchhoffa dotyczy napięć w oczku obwodu i głosi, że:

> W każdym oczku obwodu elektrycznego suma algebraiczna napięć źródłowych (sił elektromotorycznych) jest równa sumie algebraicznej napięć odbiornikowych (spadków napięcia na rezystorach oczka).

Dla oczka przedstawionego na rys. 3.13 jest zatem spełniona równość

$$E_1 = U_1 + U_2 + U_3 \tag{3.11}$$



Rys. 3.13. Ilustracja drugiego prawa Kirchhoffa

3.9. Warunki pracy źródeł napięcia elektrycznego. Łączenie źródeł sił elektromotorycznych

3.9.1. Rodzaje źródeł napięcia elektrycznego

Energię elektryczną można uzyskać tylko w wyniku przemiany innych rodzajów energii (chemicznej, mechanicznej, światła itp.). Energia, jaką można otrzymać ze źródła w określonym czasie, zależy od napięcia źródłowego, czyli siły elektromotorycznej, i od dopuszczalnego prądu obciążenia.

Najstarszymi źródłami energii elektrycznej są **źródła elektrochemiczne**, w których następuje przemiana energii chemicznej w energię elektryczną. Są to ogniwa i akumulatory. W energetyce stosuje się źródła elektromaszynowe, w których odbywa się przemiana energii mechanicznej w energie elektryczną. Źródła takie nazywamy **prądnicami** lub **generatorami elektrycznymi**.

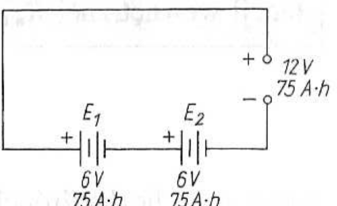
W użyciu są również źródła, w których następuje przemiana energii cieplnej w elektryczną — nazywane **termoelementami** — lub energii świetlnej w energię elektryczną — zwane **fotoogniwami**.

3.9.2. Połączenie szeregowe źródeł napięcia

W przypadku połączenia szeregowego biegun dodatni (+) jednego źródła napięcia jest połączony z biegunem ujemnym (–) drugiego źródła (rys. 3.14), biegun dodatni drugiego źródła z biegunem ujemnym trzeciego itd.

> Siła elektromotoryczna wszystkich połączonych szeregowo źródeł napięcia równa się sumie sił elektromotorycznych poszczególnych źródeł.

$$E = E_1 + E_2 + E_3 + \ldots + E_n \tag{3.12}$$



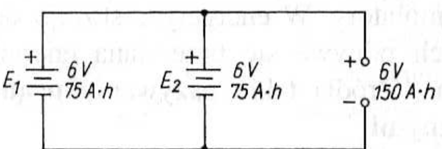
Rys. 3.14. Połączenie szeregowe źródeł napięcia elektrycznego

Rezystancja wewnętrzna takiego układu jest równa sumie rezystancji wewnętrznych połączonych źródeł.

$$R_w = R_{w1} + R_{w2} + R_{w3} + ... + R_{wn} \quad (3.13)$$

3.9.3. Połączenie równoległe źródeł napięcia

W przypadku połączenia równoległego bieguny dodatnie (+) źródeł napięcia są połączone jednym przewodem, a bieguny ujemne (–) drugim (rys. 3.15).



Rys. 3.15. Połączenie równoległe źródeł napięcia elektrycznego

Siła elektromotoryczna źródeł napięcia połączonych równolegle jest taka sama jak siła elektromotoryczna jednego źródła.

$$E = E_1 = E_2 = E_3 = ... = E_n \quad (3.14)$$

Maksymalna wartość prądu dostarczanego przez układ równa się sumie prądów dostarczanych przez poszczególne źródła.

$$I = I_1 + I_2 + I_3 ... + I_n \quad (3.15)$$

Rezystancja wewnętrzna R_w układu jest n razy mniejsza od rezystancji wewnętrznej R_{w1} pojedynczego źródła napięcia.

$$R_w = \frac{R_{w1}}{n} \quad (3.16)$$

gdzie: n — liczba źródeł napięcia.

4. Pomiary elektryczne

4.1. Przyrządy pomiarowe i ich podział

Elektryczne przyrządy pomiarowe są przeznaczone głównie do pomiarów wielkości elektrycznych, takich jak: napięcie, prąd, moc, energia, rezystancja, pojemność i inne. Ponadto produkuje się przyrządy elektryczne, które mogą służyć do pomiarów wielkości nieelektrycznych, np.: kąta wyprzedzenia zapłonu, temperatury, ciśnienia, poziomu paliwa, prędkości.

Przyrządy pomiarowe (mierniki) mogą wskazywać wartość mierzonej wielkości za pomocą wskazówki lub wyświetlacza cyfrowego. Natomiast **wskaźniki** sygnalizują jedynie występowanie lub zanik mierzonej wielkości, np. za pomocą żarówki lub diody świecącej.

Ze względu na rodzaj prądu rozróżniamy przyrządy pomiarowe: prądu stałego, albo prądu przemiennego, albo mogące wskazywać wartości mierzone zarówno przy prądzie stałym, jak i przemiennym.

Przyrządy pomiarowe — w zależności od fizycznej zasady działania — dzieli się na:
— magnetoelektryczne,
— elektromagnetyczne,
— elektrodynamiczne,
— ferrodynamiczne,
— indukcyjne,
— wibracyjne.

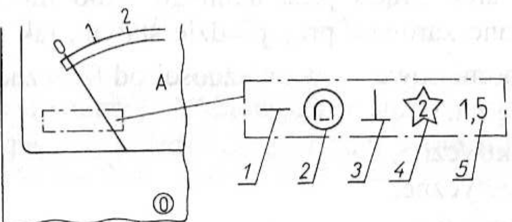
Tablica 4.1

Klasy dokładności przyrządów pomiarowych

Klasa	Dopuszczalne granice błędu wskazania w % wartości końcowej zakresu pomiarowego	Zastosowanie
0,1	±0,1	**Laboratoryjne** do dokładnych pomiarów i skalowania innych mierników
0,2	±0,2	
0,5	±0,5	
1,0	±1,0	**Techniczne** do pomiarów eksploatacyjnych i w diagnostyce
1,5	±1,5	
2,5	±2,5	

Zależnie od dokładności przyrządy pomiarowe dzieli się na klasy (tabl. 4.1), które określają dopuszczalne błędy wskazania przyrządu.

Na tarczy podziałowej przyrządu pomiarowego (rys. 4.1) są podane następujące oznaczenia (symbole) jego właściwości użytkowych:
— oznaczenie jednostki mierzonej wielkości (A, V, W, Hz, Ω);
— symbol układu pomiarowego;
— symbol rodzaju prądu;
— symbol ustawienia miernika (pionowe, poziome, ukośne);
— symbol napięcia probierczego — napięcia 500 V oznacza się samą gwiazdką, pozostałe — gwiazdką oraz wartością liczbową napięcia, np.: 2 oznacza napięcie 2 kV, 3 — 3 kV itd.;
— klasę dokładności.



Rys. 4.1. Symbole na tarczy podziałowej przyrządu pomiarowego wg [16]

A – oznaczenie literowe jednostki wielkości mierzonej (amper), *1* – rodzaj prądu (prąd stały), *2* – przyrząd pomiarowy magnetoelektryczny z ruchomą cewką, ekranowany, *3* – pozycja pracy pionowa, *4* – napięcie probiercze izolacji 2 kV, *5* – klasa dokładności 1,5

Zestawienie oznaczeń podawanych na tarczach podziałowych elektrycznych przyrządów pomiarowych (miernikach) przedstawiono w tabl. 4.2.

Tablica 4.2

Wybrane oznaczenia umieszczane na elektrycznych przyrządach pomiarowych

Nazwa	Oznaczenie
Przyrząd pomiarowy — prądu stałego — prądu przemiennego — prądu stałego i przemiennego	⎓ lub — ~ ⎓ ~
Przyrząd pomiarowy sprawdzony napięciem probierczym (np. 2 kV)	☆ 2
Klasa dokładności (np. 1,5)	1,5
Przyrząd pomiarowy: — do używania w pozycji poziomej — do używania w pozycji pionowej	⊓ ⊥
Przyrząd pomiarowy magnetoelektryczny: — o ruchomej cewce — o ruchomej cewce ilorazowy (logometr) — z ruchomą cewką i prostownikiem	[symbol] [symbol] [symbol]
Przyrząd pomiarowy elektromagnetyczny	[symbol]
Przyrząd pomiarowy elektrodynamiczny	[symbol]

cd. tabl. 4.2

Nazwa	Oznaczenie
Przyrząd pomiarowy ferrodynamiczny	
Przyrząd pomiarowy cieplny (termiczny)	
Przyrząd pomiarowy indukcyjny	

4.2. Przyrządy pomiarowe wielofunkcyjne

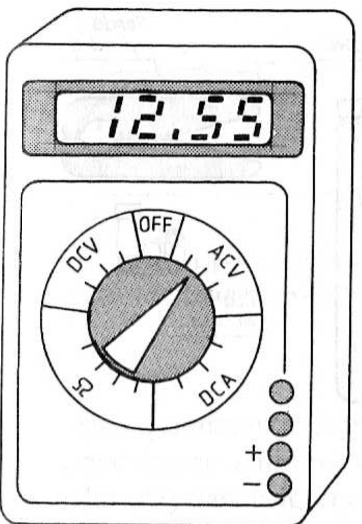
Do pomiarów wielkości elektrycznych, i nie tylko, stosuje się tzw. przyrządy wielofunkcyjne z cyfrowymi wyświetlaczami wartości mierzonej wielkości. Podstawowy przyrząd mierzy wartości: napięcia, prądu i rezystancji (rys. 4.2). Za pomocą przełącznika przyciskowego lub obrotowego ustala się rodzaj pomiaru i zakres mierzonej wartości.

Pomiar napięcia wymaga dodatkowo ustawienia przełącznika w pozycji DCV dla prądu stałego lub ACV dla prądu przemiennego. Obwodu mierzonego nie musimy przerywać — przyrząd podłączamy równolegle. Czerwony przewód przyrządu łączymy z biegunem dodatnim, a czarny — z ujemnym (masa).

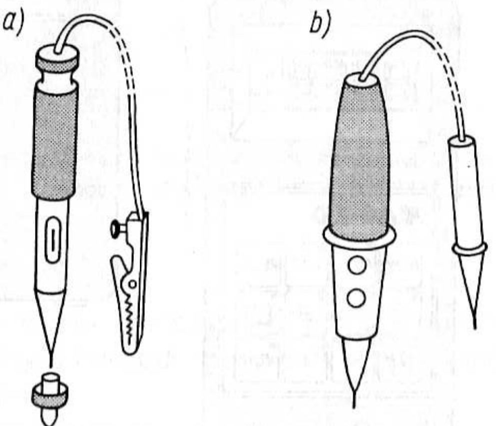
Gdy interesuje nas, czy w obwodzie występuje napięcie czy nie, wystarcza użycie lampki kontrolnej (rys. 4.3a). Jeśli sprawdzamy układ, który zawiera diody, tranzystory lub inne urządzenia wrażliwe na duży prąd — należy używać próbnika napięcia o dużej rezystancji (rys. 4.3b). Działa on tak samo jak lampka kontrolna, jednak nie powoduje uszkodzeń zespołów elektronicznych.

Pomiar prądu wymaga przerwania obwodu przed pomiarem, gdyż przyrząd musimy podłączyć szeregowo.

Mierząc prąd w rozrusznikach (150 A) lub świecach żarowych (60 A), należy używać amperomierzy kleszczowych. Kleszcze zakłada się na izolowany przewód i wartość prądu jest mierzona przez indukcję.



Rys. 4.2. Podstawowy przyrząd pomiarowy

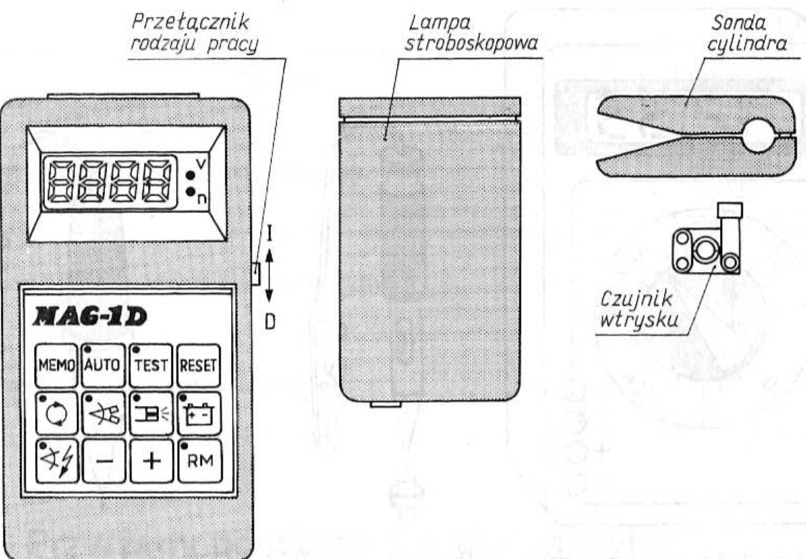


Rys. 4.3. Próbniki kontrolne: *a*) lampka kontrolna napięcia; *b*) próbnik napięcia o dużej rezystancji

Pomiar rezystancji wymaga odłączenia elementu mierzonego od obwodu lub odłączenia akumulatora, inaczej może dojść do uszkodzenia przyrządu. Przy pomiarze rezystancji nie ma znaczenia, który przewód (+ czy –) zostanie zaciśnięty na styku.

Kontrolując „przewodzenie” kabli, przełączników, spirali grzejnych itp., przyrząd wskazuje 0 Ω — gdy obwód jest sprawny, albo ∞ Ω — gdy jest przerwa w obwodzie (np. przepalona spirala).

Przyrządami służącymi do pomiaru zarówno wielkości elektrycznych, jak i nieelektrycznych, są tzw. **testery** czy **multimetry samochodowe**. Są one wykonywane w dwóch wersjach, jako podręczne i stacjonarne. Przykładem podręcznego przyrządu do diagnostyki i regulacji jest **tester samochodowy MAG-1D**, produkcji polskiej (rys. 4.4). Można nim mierzyć: prędkość obrotową, kąt wyprzedzenia zapłonu lub wtrysku paliwa, kąt zwarcia styków przerywacza, napięcie ładowania, „czystość” styków. Wszystkie pomiary mogą być automatycznie wykonane i zapamiętane (AUTO) w dowolnej chwili i kolejności. Tester ten współpracuje z lampą stroboskopową, sondą do cylindrów i czujnikiem wtrysku. Ma podręczną pamięć (MEMO) dla każdej funkcji pomiarowej i funkcję TEST — sprawdzającą poprawność działania zestawu.



Rys. 4.4. Tester samochodowy MAG-1D

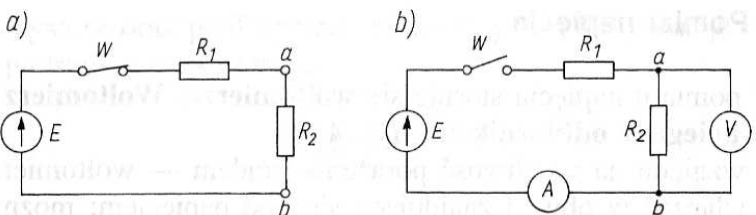
Multimetr FLUKE 78, produkcji holenderskiej, oprócz wielkości elektrycznych może mierzyć: ciśnienie, podciśnienie, kąt zwarcia styków, częstotliwość, temperaturę oraz współczynnik wypełnienia impulsu, tj. stosunek czasu włączenia do czasu wyłączenia wyrażony w procentach. Przyrząd współpracuje z sondą hallotronową.

4.3. Pomiary prądu, napięcia, rezystancji, mocy i pojemności

4.3.1. Pomiar prądu

Do pomiaru wartości prądu przepływającego przez odbiornik używa się **amperomierzy**, których zakres pomiarowy powinien być około 25% większy od maksymalnej wartości prądu, jaki może płynąć w danym obwodzie. **Pomiaru prądu dokonuje się łącząc przyrząd szeregowo z odbiornikiem, którego prąd chcemy zmierzyć.**

Ze względu na możliwość porażenia prądem — amperomierza nie wolno włączać w obwód znajdujący się pod napięciem. Można tego dokonać tylko wówczas, gdy wyłącznik jest otwarty (rys. 4.5).



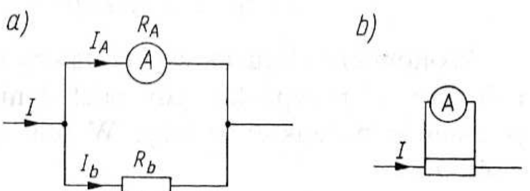
Rys. 4.5. Pomiar napięcia między punktami *a* i *b* obwodu elektrycznego: *a*) schemat obwodu; *b*) przyłączanie woltomierza i amperomierza przy otwartym wyłączniku wg [14]

Zakres pomiarowy amperomierza magnetoelektrycznego można zwiększyć łącząc z nim równolegle **bocznik**, tj. opornik o odpowiednio małej rezystancji R_b (rys. 4.6).

Rezystancję bocznika R_b obliczamy wg wzoru

$$R_b = \frac{R_a}{n-1} \quad (4.1)$$

w którym: R_a — rezystancja amperomierza,
n — krotność zwiększenia zakresu pomiarowego.



Rys. 4.6. Poszerzanie zakresu pomiarowego amperomierza wg [14]: *a*) schemat rozpływu prądu; *b*) symbol graficzny amperomierza z bocznikiem

W amperomierzach elektromagnetycznych nie stosuje się boczników. Dwa zakresy pomiarowe w przypadku tych przyrządów uzyskuje się za pomocą cewki dwudzielnej w układzie szeregowym lub równoległym.

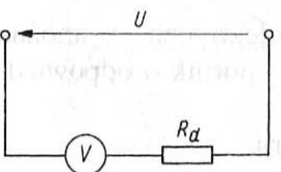
Na przyrządach pomiarowych wartość prądu odczytujemy w amperach (A) lub w jednostkach stanowiących krotność ampera, np.:
1 MA (megaamper) = 10^6 A = 1 000 000 A,
1 kA (kiloamper) = 10^3 A = 1000 A,
1 mA (miliamper) = 10^{-3} A = 0,001 A.

4.3.2. Pomiar napięcia

Do pomiaru napięcia stosuje się **woltomierze. Woltomierz łączy się równolegle z odbiornikiem** (rys. 4.5).

Ze względu na możliwość porażenia prądem — woltomierza nie wolno włączać w obwód znajdujący się pod napięciem; można tego dokonać tylko przy otwartym wyłączniku.

Zakres pomiarowy woltomierza można poszerzyć łącząc z nim szeregowo dodatkowy opornik (rys. 4.7).



Rys. 4.7. Poszerzanie zakresu pomiarowego woltomierza wg [14]

Rezystancję opornika dodatkowego R_d obliczamy wg wzoru

$$R_d = (n - 1)\, R_v \tag{4.2}$$

w którym: R_v — rezystancja woltomierza,
n — krotność zwiększenia zakresu pomiarowego.

Woltomierz kilkuzakresowy należy nastawić na największy zakres i dopiero w przypadku, gdy odchylenie wskazówki jest zbyt małe, przestawić na zakres niższy. W ten sposób unika się uszkodzenia woltomierza.

Na przyrządzie pomiarowym wartość napięcia odczytujemy w woltach (V) lub jednostkach stanowiących krotność wolta, np.:

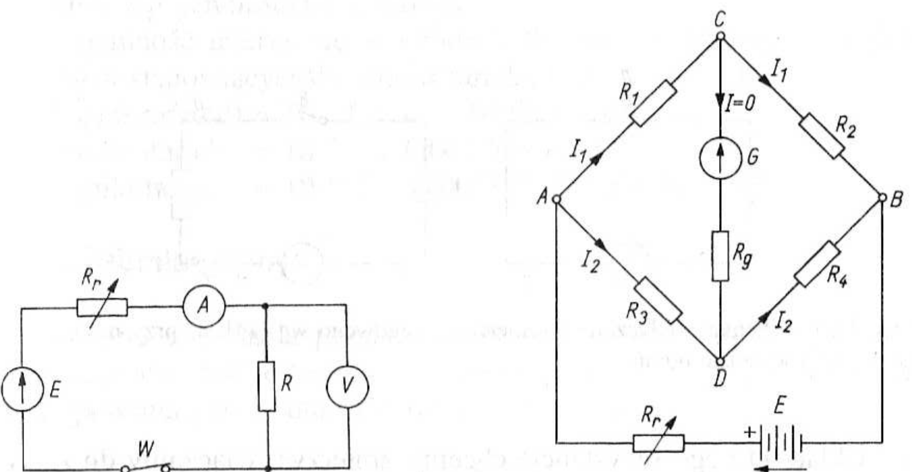
1 MV (megawolt) = 10^6 V = 1 000 000 V,
1 kV (kilowolt) = 10^3 V = 1000 V,
1 mV (miliwolt) = 10^{-3} V = 0,001 V.

4.3.3. Pomiar rezystancji

Metoda techniczna pomiaru rezystancji polega na pomiarze napięcia za pomocą woltomierza V i prądu za pomocą amperomierza A. W układzie przedstawionym na rys. 4.8 mierzymy napięcie na zaciskach rezystora oraz prąd płynący przez rezystor. Rezystancję oblicza się na podstawie prawa Ohma

$$R = \frac{U}{I}$$

Opornik suwakowy R_r w układzie pomiarowym służy do ograniczenia wartości prądu w obwodzie. Początkowo nastawiamy go na największą rezystancję, a następnie zmniejszamy ją tak, aby uzyskać dostateczne odchylenie wskazówki amperomierza, równe co najmniej połowie nastawionego zakresu pomiarowego.



Rys. 4.8. Pomiar rezystancji metodą techniczną wg [14]

Rys. 4.9. Schemat mostka Wheatstone'a wg [14]

Metoda mostkowa (Wheatstone'a) jest dokładniejsza od metody technicznej. Polega ona na zastosowaniu specjalnego układu pomiarowego (rys. 4.9), zwanego mostkiem Wheatstone'a (czytaj: Łitstona). W gałęzi C, D układu jest umieszczony galwanometr, tj. bardzo czuły amperomierz, reagujący na prądy mniejsze niż 1 µA. Między zaciski A, B jest włączone źródło napięcia (np. akumulator), połączone szeregowo z opornikiem suwakowym R_r.

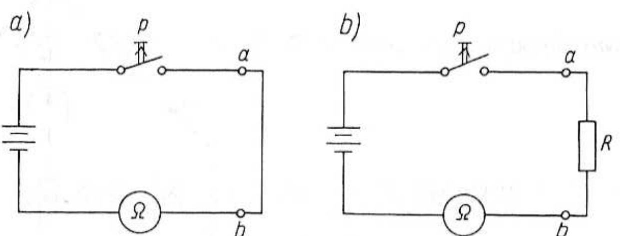
Rezystancje R_1, R_2, R_3, R_4 można tak dobrać, aby przez galwanometr nie płynął prąd. Mówimy wówczas, że mostek jest zrównoważony. W stanie równowagi mostka przez oporniki R_1 i R_2 płynie prąd I_1,

a przez oporniki R_3 i R_4 — prąd I_2. Ponadto potencjały punktów C i D są sobie równe ($V_C = V_D$).

Na podstawie prawa Ohma można wyznaczyć rezystancję, np. R_1, gdy są znane rezystancje R_2, R_3, R_4.

Zakres pomiarowy mostka Wheatstone'a zawiera się w granicach $1 \div 10^6$ Ω.

Pomiar dużych rezystancji. Do pomiarów dużych rezystancji (rzędu tysięcy omów) najbardziej przydatne są omomierze szeregowe. Schematy połączeń takiego omomierza przedstawiono na rys. 4.10. Źródłem napięcia jest bateria, mieszcząca się w obudowie omomierza.



Rys. 4.10. Schematy połączeń omomierza szeregowego wg [14]: *a)* przy nastawianiu na zero; *b)* w czasie pomiaru

Układ, którego rezystancję chcemy zmierzyć, włączamy do zacisków *a* i *b* omomierza. Po zawarciu zacisków *a* i *b* wskazówka omomierza wykazuje największe odchylenie i powinna się ustawić nad kreską oznaczającą zerową wartość rezystancji. Do dokładnego ustawiania wskazówki służy tzw. korektor zera, regulowany za pomocą gałki lub wkrętaka. Po ustawieniu omomierza na zero do zacisków *a* i *b* dołączamy badany opornik.

Napięcie w obwodzie pomiarowym włącza się — tylko na czas odczytu — przez naciśnięcie przycisku *p*. Mierzoną rezystancję odczytujemy na podziałce bezpośrednio w omach (Ω) lub w jednostkach stanowiących krotność oma, np.:

1 MΩ (megaom) = 10^6 Ω = 1 000 000 Ω,
1 kΩ (kiloom) = 10^3 Ω = 1000 Ω,
1 mΩ (miliom) = 10^{-3} Ω = 0,001 Ω.

4.3.4. Pomiar pojemności

Pojemność elektryczną mierzy się przyrządami elektrycznymi lub elektronicznymi. Najczęściej stosuje się przyrządy pomiarowe zbudowane na zasadzie mostka pomiarowego *RLC*, a więc służące jednocześnie do pomiaru rezystancji, indukcyjności i pojemności.

Najprostsze w budowie i obsłudze są przyrządy do pomiaru pojemności zbudowane na zasadzie prawa Ohma dla prądu przemiennego. Mogą one pracować w układzie szeregowym lub równoległym. Gdy niezbędne jest dokonanie pomiaru pojemności z bardzo dużą dokładnością, wówczas stosuje się mierniki porównujące badaną pojemność z pojemnością wzorcową.

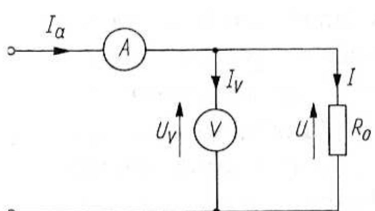
Pojemność mierzy się w faradach (F) lub — częściej — w jednostkach stanowiących krotności farada, np.:
1 μF (mikrofarad) = 10^{-6} F = 0,000 001 F,
1 nF (nanofarad) = 10^{-9} F = 0,000 000 001 F,
1 pF (pikofarad) = 10^{-12} F = 0,000 000 000 001 F.

4.3.5. Pomiar mocy

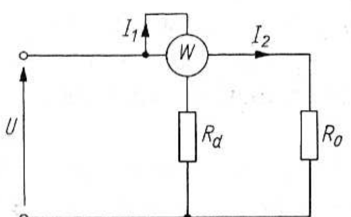
W celu dokonania pomiaru mocy prądu stałego mierzy się prąd oraz napięcie. Jest to techniczna metoda pomiaru mocy prądu stałego. Moc pobraną przez odbiornik oblicza się wg wzoru

$$P = U \cdot I \tag{4.3}$$

W układzie przedstawionym na rys. 4.11 woltomierz mierzy napięcie na zaciskach odbiornika R_o, amperomierz zaś sumę prądów przepływających przez odbiornik i woltomierz.



Rys. 4.11. Pomiar mocy prądu stałego metodą techniczną przy $R_V \gg R_o$ wg [20]



Rys. 4.12. Pomiar mocy prądu stałego watomierzem elektrodynamicznym wg [20]

Moc prądu stałego można również mierzyć bezpośrednio **watomierzem elektrodynamicznym** (rys. 4.12). Ruchoma cewka napięciowa watomierza jest połączona szeregowo z dodatkowym opornikiem o rezystancji R_d w celu rozszerzenia napięciowego zakresu pomiarowego. Cewka prądowa jest nieruchoma. W cewce napięciowej prąd jest proporcjonalny do napięcia, a więc iloczyn obu prądów jest proporcjonalny do mocy.

Watomierz elektrodynamiczny ma podziałkę równomierną. Kąt wychylenia wskazówki jest proporcjonalny do mierzonej mocy (tzn. do mocy badanego odbiornika). Inaczej mówiąc, watomierz wskazuje mierzoną moc. Moc prądu elektrycznego wyraża się w watach (W) lub w jednostkach stanowiących krotności wata, np.:

1 MW (megawat) = 10^6 W = 1 000 000 W,
1 kW (kilowat) = 10^3 W = 1000 W,
1 mW (miliwat) = 10^{-3} W = 0,001 W.

5. Podstawy elektroniki

5.1. Wiadomości ogólne

Elektronika to dziedzina nauki i techniki zajmująca się praktycznym wykorzystaniem ruchu swobodnych elektronów w próżni, gazach i ciałach stałych.

Zjawisko uwalniania się elektronów z powierzchni ciała do otaczającej go przestrzeni nazywamy **emisją elektronów**. Ciała wysyłające elektrony oraz ciała je przyjmujące nazywamy **elektrodami**.

Rozróżnia się emisję elektronów:

— termoelektronową — spowodowaną wysoką temperaturą elektrody imitującej,
— fotoelektronową — spowodowaną naświetlaniem elektrody emitującej światłem widzialnym,
— wtórną — spowodowaną bombardowaniem elektrody emitującej szybkimi elektronami lub jonami,
— autoelektronową (emisja polowa) — wywołaną przez silne pole elektryczne, wyrywające elektrony z elektrody emitującej.

Elektroda emitująca elektrony nazywa się **katodą** (–), a elektroda zbierająca uwolnione elektrony — **anodą** (+).

Katoda emitująca elektrony pod wpływem podwyższonej temperatury nazywa się **termokatodą**, a uwalniająca elektrony pod wpływem promieniowania — **fotokatodą**.

Elektronika półprzewodnikowa to dziedzina techniki zajmująca się praktycznym wykorzystaniem zjawisk, w których podstawowe

znaczenia ma, dający się sterować, ruch elektronów w półprzewodnikach.

Rozwój elektroniki półprzewodnikowej rozpoczęło skonstruowanie dwóch elementarnych przyrządów półprzewodnikowych: **diody** (na początku naszego stulecia) i **tranzystora** (1948 r.).

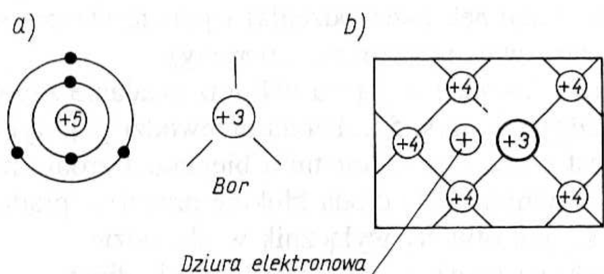
Podział elektroniki półprzewodnikowej przedstawia się następująco:
— klasyczna elektronika półprzewodników, zajmująca się diodami i tranzystorami w postaci dyskretnej (tj. w postaci odrębnych przyrządów);
— mikroelektronika, zajmująca się układami scalonymi;
— optoelektronika półprzewodnikowa, zajmująca się źródłami (diody elektroluminescencyjne, lasery, wskaźniki alfanumeryczne itp.) i detektorami promieniowania oraz ich kombinacjami;
— elektronika półprzewodnikowych przyrządów bezzłączowych (hallotrony, gaussotrony, termistory itp.);
— mikrofalowa elektronika półprzewodników, zajmująca się przyrządami pracującymi w zakresie mikrofal.

5.2. Półprzewodniki

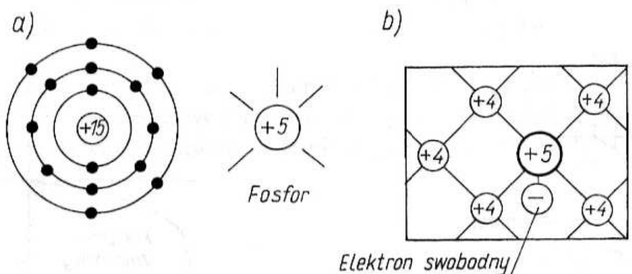
Półprzewodniki to materiały, które pod względem przewodnictwa elektrycznego zajmują miejsce pośrednie między metalami a izolatorami. Ich opór właściwy (rezystywność) zawiera się w granicach $0{,}0001 \div 10^7\ \Omega \cdot \mathrm{m}$ i szybko maleje wraz ze wzrostem temperatury.

Przykładami półprzewodników są takie pierwiastki, jak: german, krzem, tellur, selen, bor, a także niektóre związki chemiczne, jak: Cu_2O, PbTe, PbS.

Powszechnie stosowanym półprzewodnikiem jest **krzem** (Si). W strukturze krystalicznej tego pierwiastka poszczególne atomy tworzą wiązania regularne (rys. 5.1), tzn. nie występują w niej swobodne elektrony. Krzem nie może więc przewodzić prądu elektrycznego. Jeżeli w sieci krystalicznej krzemu znajdą się atomy o większej liczbie elektronów zewnętrznych (np. fosforu), to powstanie kryształ typu N (ang. słowo *negative* znaczy ujemny), w którym znajdą się elektrony swobodne (ładunki ujemne). Przedstawia to rysunek 5.2.



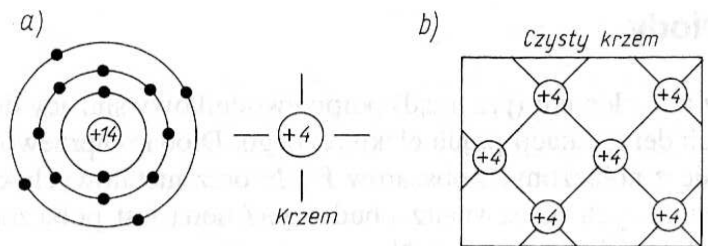
Rys. 5.1. Model atomu krzemu (*a*) i wycinek sieci krystalicznej krzemu (*b*) wg [20]



Rys. 5.2. Model atomu fosforu (*a*) i wycinek sieci krystalicznej krzemu z domieszką fosforu (*b*) wg [20]

Jeżeli w sieci krystalicznej krzemu znajdą się atomy o mniejszej liczbie elektronów zewnętrznych (np. boru), to powstanie kryształ typu P (angl. *positive* — dodatni), w którym utworzą się dziury elektronowe (ładunki dodatnie). Przedstawia to rysunek 5.3.

Przewodnictwo krzemu i germanu można wielokrotnie zwiększyć stosując domieszki odpowiednich pierwiastków.

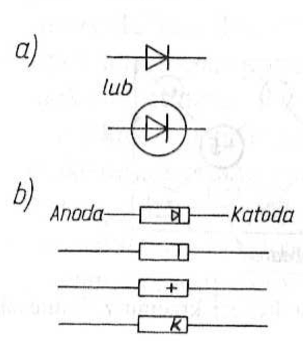


Rys. 5.3. Model atomu boru (*a*) i wycinek sieci krystalicznej krzemu z domieszką boru (*b*) wg [20]

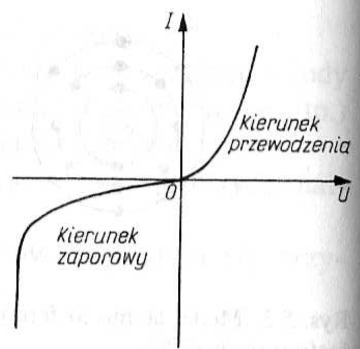
5.3. Diody

Dioda to element (przyrząd) półprzewodnikowy służący do prostowania lub demodulacji prądu elektrycznego. Dioda półprzewodnikowa składa się z połączonych obszarów P i N oraz metalowych końcówej wyprowadzonych na zewnątrz obudowy. Anoda jest połączona z obszarem P, katoda z obszarem N.

Symbol graficzny diody półprzewodnikowej oraz sposoby oznaczania katody przedstawia rys. 5.4.



Rys. 5.4. Dioda półprzewodnikowa: *a*) symbol ogólny; *b*) oznaczenia elektrod



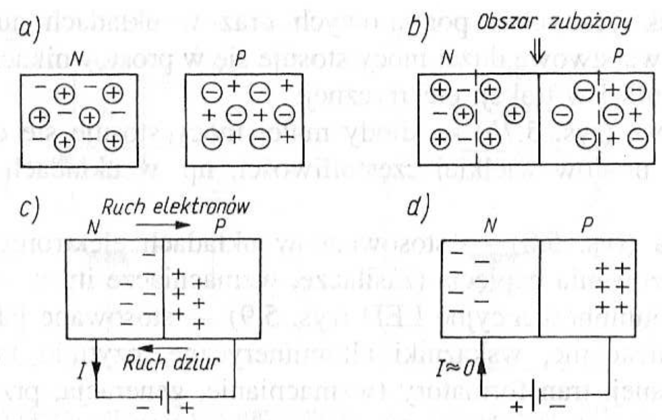
Rys. 5.5. Charakterystyka diody półprzewodnikowej wg [6]

Dioda ma niesymetryczną charakterystykę (rys. 5.5). **Charakterystyką diody** nazywamy wykres płynącego przez nią prądu. Niesymetryczna charakterystyka umożliwia stosowanie diod w układach elektronicznych jako elementów, które łatwo przepuszczają prąd w jednym kierunku (kierunek przewodzenia) i prawie nie przepuszczają go w kierunku przeciwnym (kierunek zaporowy).

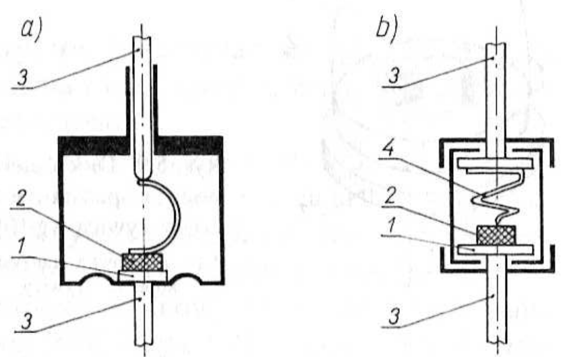
Zjawiska zachodzące w złączu PN oraz działanie zaporowe i przewodzenie przedstawia rys. 5.6. Dioda przewodzi prąd tylko wówczas, gdy anoda jest połączona z dodatnim biegunem źródła napięcia (rys. 5.6*c*). W przeciwnym razie dioda blokuje przepływ prądu (rys. 5.6*d*), zachowując się jak otwarty wyłącznik w obwodzie.

Ze względu na przeznaczenie rozróżnia się diody:

— warstwowe, zwane też złączowymi (rys. 5.7*a*) — diody warstwowe małej mocy stosuje się jako prostowniki w urządzeniach

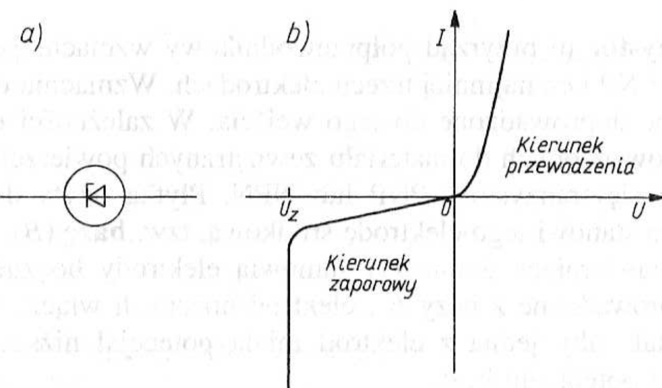


Rys. 5.6. Ilustracja zjawisk zachodzących w złączu PN wg [20]: *a*) półprzewodniki przed złączeniem; *b*) półprzewodniki po złączeniu; *c*) rozkład ładunków w stanie przewodzenia; *d*) rozkład ładunków w stanie zaporowym



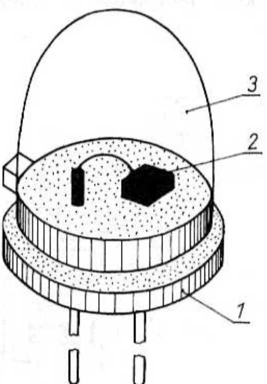
Rys. 5.7. Diody krystaliczne wg [9]: *a*) warstwowa; *b*) ostrzowa

1 — warstwa germanowa P, *2* — warstwa germanowa N, *3* — końcówki, *4* — elektroda ostrzowa (metalowa)



Rys. 5.8. Dioda Zenera wg [20]: *a*) symbol graficzny; *b*) charakterystyka przewodzenia prądu

teleelektrycznych i pomiarowych oraz w układach automatyki; diody warstwowe dużej mocy stosuje się w prostownikach, w elektrochemii i w trakcji elektrycznej;
- ostrzowe (rys. 5.7*b*) — diody małej mocy stosuje się do prostowania prądów wielkiej częstotliwości, np. w układach pomiarowych;
- Zenera (rys. 5.8) — stosowane w układach elektronicznych do stabilizowania napięcia (zasilacze, wzmacniacze itp.);
- elektroluminescencyjne LED (rys. 5.9) — stosowane jako lampki sygnalizacyjne, wskaźniki alfanumeryczne, czytniki taśmy perforowanej, transformatory (wzmacnianie, generacja, przełączanie, formowanie sygnałów).

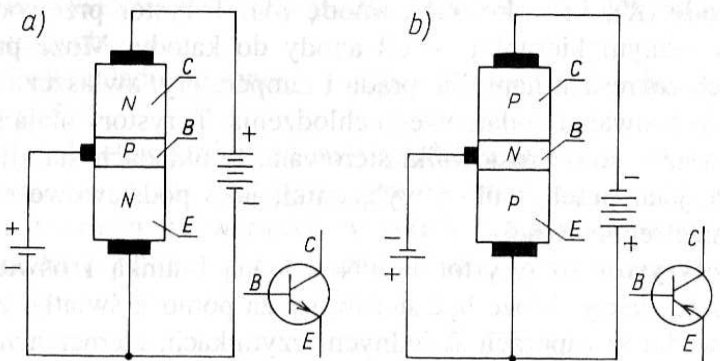


Rys. 5.9. Dioda elektroluminescencyjna LED zamocowana na podstawce tranzystorowej i pokryta przezroczystą żywicą wg [6]

1 — podstawka tranzystorowa, *2* — kostka półprzewodnikowa, *3* — kopułka z żywicy

5.4. Tranzystory i tyrystory

Tranzystor to przyrząd półprzewodnikowy wzmacniający, o złączach PN i NP i co najmniej trzech elektrodach. Wzmacnia on sygnały elektryczne doprowadzone do jego wejścia. W zależności od domieszek, wprowadzonych do materiału zewnętrznych powierzchni płytek, otrzymuje się tranzystory PNP lub NPN. Płytka użyta do budowy tranzystora stanowi jego elektrodę środkową, tzw. **bazę** (*B*), natomiast warstwy zawierające domieszki stanowią elektrody boczne. Między styki wyprowadzone z bazy *B* i elektrod bocznych włącza się źródło napięcia tak, aby jedna z elektrod miała potencjał niższy, a druga wyższy od potencjału bazy.



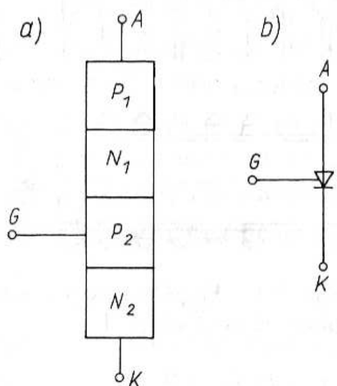
Rys. 5.10. Budowa i polaryzacja tranzystorów wg [20]: *a*) typu NPN; *b*) typu PNP

Elektroda boczna spolaryzowana w kierunku przewodzenia jest nazywana **emiterem** i oznaczana literą *E*. Natomiast elektroda spolaryzowana w kierunku zaporowym jest nazywana **kolektorem** i oznaczana literą *C*.
Ze względu na małe wymiary, trwałość, niezawodność, odporność na wstrząsy, małe napięcie zasilania i brak napięcia żarzenia tranzystory zastąpiły próżniowe lampy elektronowe.

Budowę i polaryzację tranzystorów przedstawia rys. 5.10.

W samochodach tranzystory stosuje się w układach przełączających prąd w obciążeniach indukcyjnych, takich jak: cewka zapłonowa, uzwojenie wzbudzenia alternatora lub cewki elektrozaworów.

Tyrystor to przyrząd półprzewodnikowy (krzemowy) sterowany, o strukturze czterowarstwowej PNPN (rys. 5.11), mający trzy elektro-



Rys. 5.11. Tyrystor wg [20]: *a*) schemat zastępczy; *b*) symbol graficzny

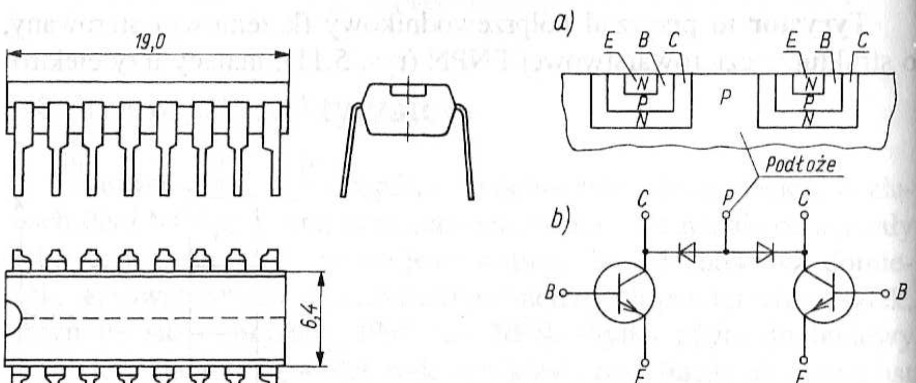
dy: **katodę** (*K*), **bramkę** (*G*) i **anodę** (*A*). Tyrystor przewodzi prąd tylko w jednym kierunku — od anody do katody. Może pracować w dużych zakresach napięcia, prądu i temperatury, zwłaszcza w przypadku zastosowania dodatkowego chłodzenia. Tyrystory mają szerokie zastosowanie: jako prostowniki sterowane w układach stabilizatorów napięcia, jako przełączniki i wyłączniki, jako podstawowe elementy w technice regulacyjnej.

Fototyrystor to tyrystor PNPN z jedną bramką i oświetleniem jednego ze złączy. Może być sterowany za pomocą światła. Znajduje zastosowanie w zaporach świetlnych, czytnikach, elementach logicznych, urządzeniach liczących.

5.5. Układy scalone

Układ scalony to mikrostruktura stanowiąca układ elektroniczny przeznaczony do spełniania określonej funkcji (np.: wzmacniacza, generatora, przerzutnika, bramki logicznej) i mający określone parametry techniczne, podane przez wytwórcę (rys. 5.12).

Elementy składowe układu scalonego (rezystory, kondensatory, diody i tranzystory) i ich połączenia są tworzone wewnątrz lub na powierzchni wspólnego podłożą i stanowią **nierozłączną** całość. Układ scalony zastępuje układ elektroniczny zawierający od kilkunastu do kilku tysięcy oddzielnych (tzw. dyskretnych) elementów czynnych i biernych.

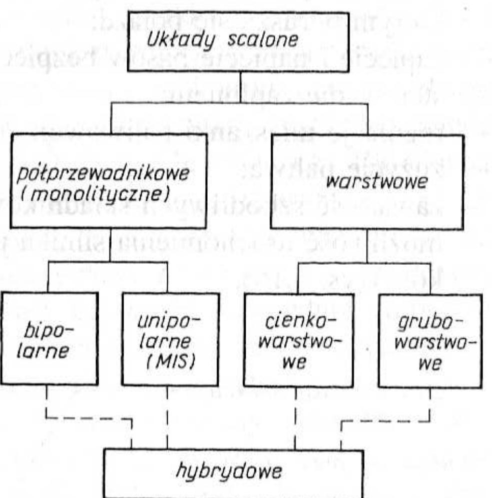


Rys. 5.12. Przykład układu scalonego (wymiary w mm) wg [19]

Rys. 5.13. Schemat układu scalonego wg [20]: *a*) wycinek monolitycznego układu scalonego; *b*) odpowiadający mu schemat zastępczy

Wycinek układu scalonego i odpowiadający mu schemat przedstawia rys. 5.13.

Podział układów scalonych ze względu na sposób ich wytwarzania przedstawia rys. 5.14. Układy scalone można też podzielić na dwie grupy ze względu na warunki, w jakich pracują elementy czynne w nich zawarte, to znaczy na: cyfrowe i analogowe.



Rys. 5.14. Klasyfikacja układów scalonych

W **układach cyfrowych** elementy czynne spełniają funkcję przełączników, mogących przejmować dwa skrajne stany: włączenia i wyłączenia (przewodzenia i nieprzewodzenia). Do układów cyfrowych zaliczamy np. przerzutniki.

Cyfrowe układy scalone mogą być układami logicznymi, arytmetycznymi, procesorami, pamięciami, układami sterującymi urządzenia peryferyjne (drukarki, dziurkarki, czytniki itp.).

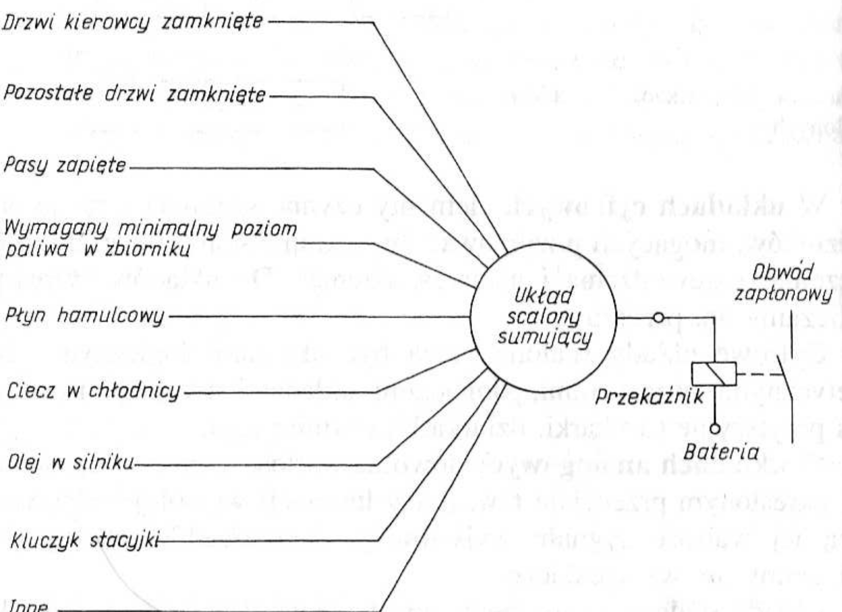
W **układach analogowych** dowolna wartość sygnału wejściowego (w określonym przedziale tzw. pracy liniowej) wywołuje odpowiadającą jej wartość sygnału wyjściowego. Do układów analogowych zaliczamy np. wzmacniacze.

Układy scalone są niezbędnymi elementami składowymi np. kalkulatorów, komputerów, mikrokomputerów itd. Te ostatnie stosuje się m.in. do sterowania ruchem ulicznym za pomocą sygnalizacji świetl-

nej z uwzględnieniem natężenia ruchu pojazdów, charakterystyki skrzyżowania, lokalnych przepisów, pory dnia i roku.

W samochodach mikrokomputery mogą kontrolować między innymi:

— ustawienie świateł, np. w zależności od obciążenia pojazdu;
— stan hamulców;
— stan naładowania akumulatora;
— system przeciwpoślizgowy ABS;
— ciśnienie powietrza w ogumieniu w zależności od terenu, po którym porusza się pojazd;
— zapięcie i napięcie pasów bezpieczeństwa;
— sterowanie zapłonem;
— regulację mieszanki paliwowej;
— zużycie paliwa;
— zawartość szkodliwych składników w spalinach;
— możliwość uruchomienia silnika po spełnieniu założonych warunków (rys. 5.15).



Rys. 5.15. Warunki, jakie muszą być spełnione, aby układ elektroniczny umożliwił uruchomienie pojazdu wg [11]

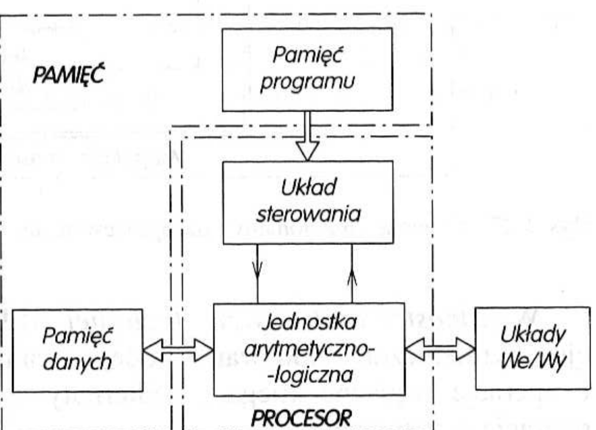
5.6. Komputery

Komputer to elektroniczna maszyna cyfrowa. Rozwiązania techniczne i technologiczne komputerów zmieniają się z miesiąca na miesiąc. Komputer, oprócz rozwiązywania zadań matematycznych, modelowania, analizy statystycznej, potrafi sterować pracą urządzeń, analizując jednocześnie wyniki pośrednie.

Istnieje wiele typów komputerów, różniących się parametrami technicznymi.

Minikomputery stosuje się przede wszystkim do sterowania procesów ciągłych, np. procesów technologicznych. Do rozwiązywania zadań czasochłonnych i skomplikowanych stosuje się **komputery**, umożliwiające wykonywanie $1 \div 2$ milionów operacji arytmetycznych na sekundę. Na przykład rozwiązanie układu 100 równań liniowych ze 100 niewiadomymi trwa kilka sekund. Człowiek, posługując się arytmometrem, to samo zadania rozwiązywałby kilka lat. To, że komputer może rozwiązać określone zadanie, wynika jednak z wiedzy i doświadczenia programisty. To on bowiem musi opracować procedurę (program) prowadzącą do rozwiązania zadania, a następnie przetłumaczyć ją na ciąg instrukcji (rozkazów) zrozumiałych dla komputera.

W powszechnym użyciu są gotowe programy, przygotowane z myślą o szerokim kręgu użytkowników. O przydatności komputera decydują nie tylko jego parametry techniczne, ale również fakt, czy jego użytkownik dysponuje zestawem standardowych programów (biblioteką programów).

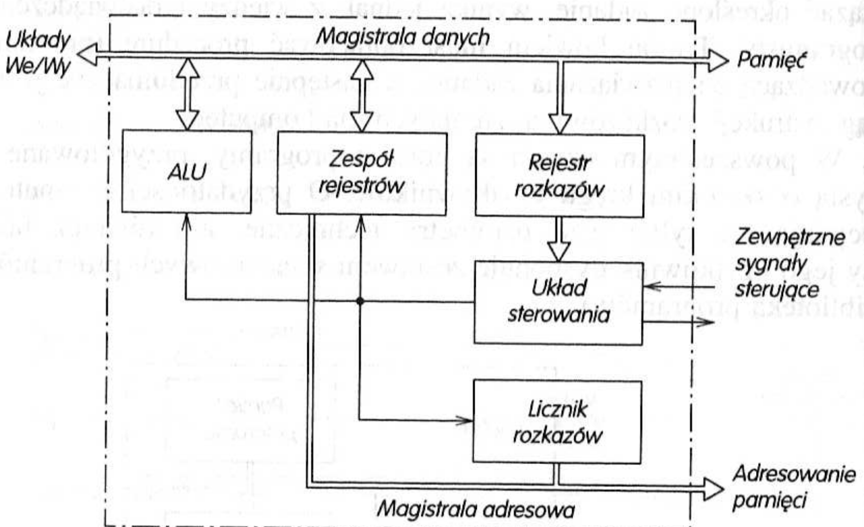


Rys. 5.16. Schemat funkcjonalny komputera

Schemat funkcjonalny komputera przedstawiono na rys. 5.16. Podstawowymi blokami komputera są **procesor** lub **mikroprocesor** (tj. procesor wykonany w postaci pojedynczego układu scalonego o wielkim stopniu scalenia) oraz **pamięć**. Ponadto są potrzebne specjalne układy wejścia/wyjścia, tzn. układy umożliwiające wprowadzanie danych oraz układy przekształcające informację wyjściową na postać dogodną dla człowieka lub na sygnały sterujące urządzeniami zewnętrznymi.

Procesor lub mikroprocesor — także nazywany **jednostką centralną** — zawiera pięć bloków funkcjonalnych (rys. 5.17):

— jednostkę arytmetyczno-logiczną ALU,
— zespół rejestrów,
— rejestr rozkazów,
— układ sterowania,
— licznik rozkazów.



Rys. 5.17. Schemat funkcjonalny mikroprocesora (uproszczony)

W *jednostce arytmetyczno-logicznej* ALU są wykonywane operacje arytmetyczne (dodawanie, odejmowanie, mnożenie, dzielenie) i operacje logiczne (negacja, alternatywa, koniunkcja) oraz tzw. operacje przesuwania.

Zespół rejestrów — tzw. rejestrów roboczych — pełni funkcję pamięci pomocniczej. Natomiast zadaniem *rejestru rozkazów* jest pamiętanie operacji, jaka jest wykonywana w jednym cyklu pracy mikroprocesora. Ponadto stan tego rejestru jest podawany na wejście *układu sterowania*, który na jego podstawie generuje odpowiednią sekwencję przebiegów sterujących wykonaniem tej operacji.

Układ sterowania działa cyklicznie, wykonując tzw. cykl rozkazowy, który składa się z dwóch faz: pobranie kolejnego rozkazu z pamięci oraz wykonanie tego rozkazu.

Program realizowany przez mikroprocesor jest to zbiór rozkazów (operacji) zapisanych w kolejnych komórkach pamięci, za adresowanie których odpowiada *licznik rozkazów*.

Przesyłanie informacji pomiędzy poszczególnymi blokami odbywa się za pośrednictwem *magistrali* (szyny) *danych* i *magistrali adresowej*.

Pamięć komputera, tzn. układy służące do przechowywania informacji, stanowią dwa rodzaje pamięci półprzewodnikowych. Zasadniczą pamięcią w komputerze jest pamięć o dostępie bezpośrednim typu RAM, umożliwiająca dowolne zmiany oprogramowania i zmianę danych. Ponadto jest pamięć stała typu ROM, umożliwiająca jedynie odczyt zapisanej w niej informacji.

Podstawowym parametrem pamięci jest **pojemność**, określająca, jak wiele informacji można w niej przechować. Pojemność określa się w bitach (b), kilobitach (Kb) oraz megabitach (Mb). **Uwaga**: W jednostce kilobit (Kb) przedrostek K oznacza liczbę 1024 (tj. 2^{10}), dlatego piszemy go dużą literą.

Nieodłączne elementy komputera to **klawiatura**, służąca do sterowania jego pracą (do wprowadzania tekstów, rozkazów itd.), oraz **monitor**, na którym operator obserwuje rezultaty pracy systemu.

6. Akumulatory samochodowe

6.1. Wiadomości wstępne

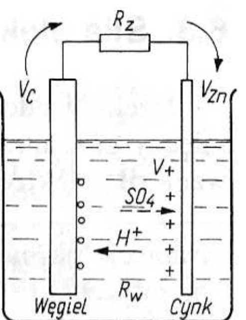
Akumulator* jest źródłem energii elektrycznej prądu stałego, której sam nie wytwarza, lecz przechowuje w postaci energii chemicznej. W samochodzie akumulator służy do zasilania urządzeń elektrycznych, gdy silnik spalinowy jest wyłączony. Energia elektryczna akumulatora zużyta w czasie postoju pojazdu lub rozruchu silnika jest uzupełniania podczas jazdy przez prądnicę. Procesy zużywania i uzupełniania energii elektrycznej w akumulatorze są okresowo powtarzane.

6.2. Ogniwa galwaniczne

Ogniwem galwanicznym nazywamy najprostsze źródło prądu stałego, w którym następuje przetwarzanie energii chemicznej w energię elektryczną. Ogniwo takie ma postać naczynia napełnionego elektrolitem (tzn. roztworem soli, kwasu lub zasady), w którym są zanurzone dwie elektrody (rys. 6.1).

Stwierdzono doświadczalnie, że jony metalu zanurzonego w elektrolicie mają skłonność „przechodzenia" do elektrolitu, a jony elektrolitu — „przechodzenia" do metalu. Jeżeli więcej jonów „przechodzi" z metalu do elektrolitu, to metal wykazuje ładunek ujemny, elektrolit zaś — ładunek dodatni.

* Łacińskie słowo *accumulare* znaczy gromadzić.



Rys. 6.1. Schemat ogniwa galwanicznego (strzałki wskazują kierunek przepływu prądu elektrycznego) wg [5]

Metale można uszeregować w zależności od wartości ich potencjału względem potencjału elektrody wodorowej, przyjmowanego jako zerowy (tabl. 6.1).

Metalem wykazującym dużą skłonność „przechodzenia" do elektrolitu jest cynk. Dlatego w praktyce elektrodę ujemną wykonuje się z cynku, a elektrodę dodatnią — najczęściej z węgla.

Rozróżniamy ogniwa galwaniczne:

— Nieodwracalne, tzn. takie, w których czynniki biorące udział w reakcji ulegają nieodwracalnym przemianom chemicznym. Po zakończeniu tych przemian ogniwo traci swe właściwości jako źródło napięcia elektrycznego (np. ogniwo Leclanchégo w postaci baterii suchych).

— Odwracalne, tzn. takie, w których procesy chemiczne mogą być powtarzane (akumulatory kwasowe i zasadowe).

Tablica 6.1

Potencjały elektryczne (w temperaturze 25°C) metali stosowanych w akumulatorach, odniesione do potencjału elektrody wodorowej uznanego za zerowy

Metale stosowane na elektrody	Potencjał elektryczny (V)
Cynk	−0,76
Żelazo	−0,44
Kadm	−0,40
Ołów gąbczasty	−0,36
Nikiel	−0,23
Srebro	+0,80
Ołów	+1,69

6.3. Siła elektromotoryczna ogniwa

Jeżeli dwa dowolne metale zanurzymy w elektrolicie, to będzie się między nimi utrzymywać stała różnica potencjałów (tabl. 6.1), nazywana **siłą elektromotoryczną** (E) ogniwa galwanicznego.

Napięcie na biegunach ogniwa otwartego jest równe sile elektromotorycznej tego ogniwa.

Ponieważ w większości ogniw rezystancja wewnętrzna R_w jest bardzo mała, więc można ją pominąć. Dlatego siłę elektromotoryczną ogniwa wyznacza się z równania

$$E = E^{+} - E^{-} \qquad (6.1)$$

w którym: E^{+} — potencjał elektrody dodatniej w V,
E^{-} — potencjał elektrody ujemnej w V.

Na przykład siła elektromotoryczna ogniwa ołowiowego (tabl. 6.1) wynosi

$$E = 1{,}69 - (-0{,}36) = 2{,}05 \text{ V}$$

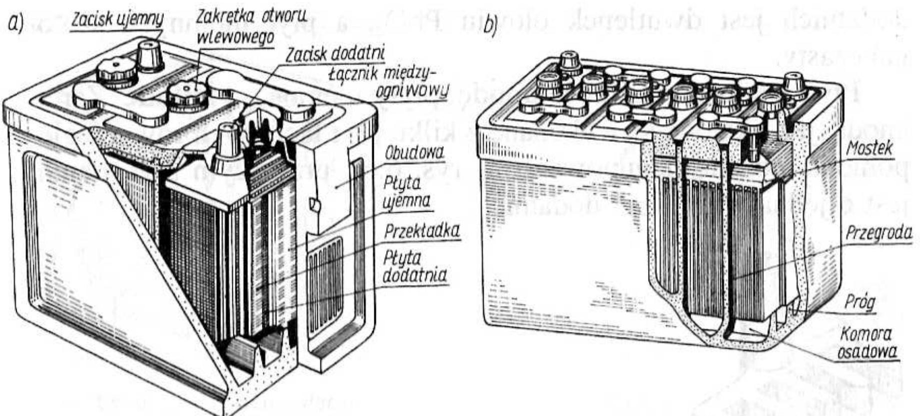
6.4. Akumulatory kwasowe (ołowiowe)

6.4.1. Budowa akumulatora kwasowego

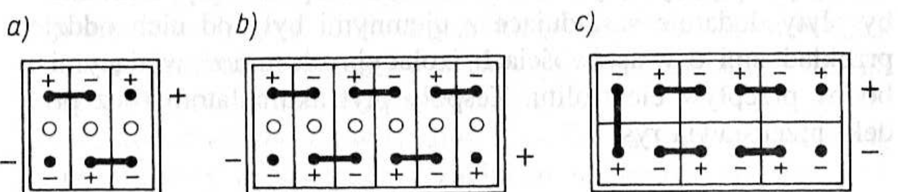
W pojazdach samochodowych powszechnie stosuje się akumulatory kwasowe. Akumulator kwasowy (rys. 6.2) składa się z kilku połączonych szeregowo ogniw, umieszczonych w obudowie.

Napięcie na zaciskach akumulatora zależy od liczby jego ogniw (rys. 6.3). Akumulator sześciowoltowy (6 V) składa się z 3 ogniw, dwunastowoltowy (12 V) — z 6 ogniw, dwudziestoczterowoltowy (24 V) — z 12 ogniw. W tym ostatnim przypadku w praktyce łączy się szeregowo dwa akumulatory 12 V.

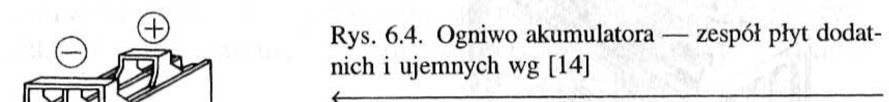
Każde ogniwo akumulatora składa się z dwóch zespołów płyt dodatnich i ujemnych (rys. 6.4). Każda płyta (rys. 6.5) ma postać kratki wykonanej z ołowiu, w którą wprasowuje się masę czynną, określającą jej biegunowość. Głównym składnikiem masy czynnej płyt



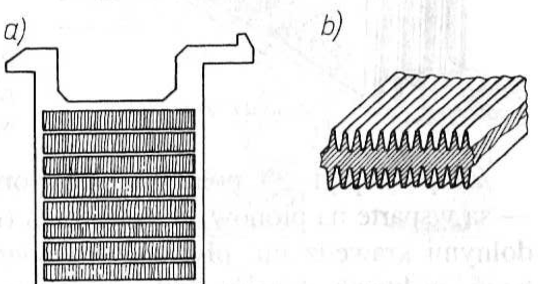
Rys. 6.2. Akumulator o budowie blokowej wg [1]: *a)* 6 V; *b)* 12 V



Rys. 6.3. Akumulator wg [23]: *a)* 6 V — złożony z trzech ogniw; *b)* 12 V — złożony z sześciu ogniw; *c)* 12 V — złożony z sześciu ogniw, stosowany w ciężkich pojazdach



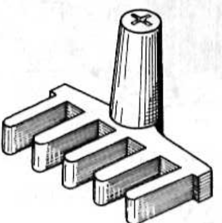
Rys. 6.4. Ogniwo akumulatora — zespół płyt dodatnich i ujemnych wg [14]



Rys. 6.5. Płyta akumulatora wg [14]: *a)* widok ogólny; *b)* przekrój

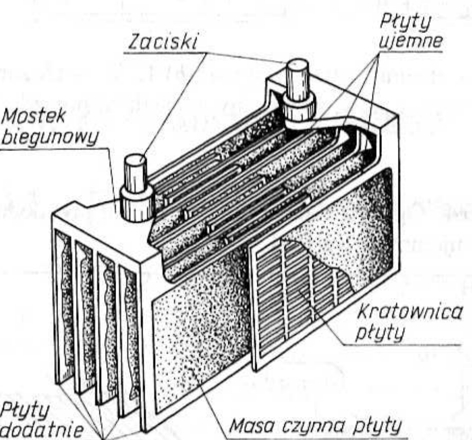
dodatnich jest dwutlenek ołowiu PbO_2, a płyt ujemnych — ołów gąbczasty.

Płyty dodatnie stanowią **anodę**, płyty ujemne — **katodę**. Zarówno anoda, jak i katoda są wykonane z kilku płyt łączonych równolegle (za pomocą mostka biegunowego — rys. 6.6), przy czym płyt ujemnych jest o jedną więcej niż dodatnich.



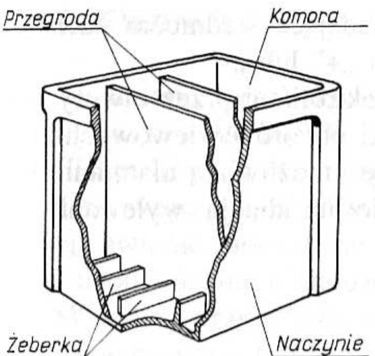
Rys. 6.6. Mostek biegunowy wg [1]

Zespół płyt ujemnych zestawia się z zespołem płyt dodatnich tak, by płyty dodatnie sąsiadujące z ujemnymi były od nich oddzielone przekładkami o właściwościach izolacyjnych, umożliwiającymi swobodny przepływ elektrolitu. Zespoły płyt akumulatora (bez przekładek) przedstawia rys. 6.7.



Rys. 6.7. Dwa zespoły płyt tworzące zestaw płyt akumulatora kwasowego wg [1]

Zespoły płyt — połączone za pomocą mostków biegunowych — są wsparte na pionowych żeberkach (rys. 6.8). Dzięki temu między dolnymi krawędziami płyt a dnem obudowy pozostaje wolna przestrzeń, w której zbierają się wypadające z płyt w czasie eksploatacji akumulatora cząstki masy czynnej oraz zanieczyszczenia. Zapobiega to powstawaniu zwarć wewnętrznych.



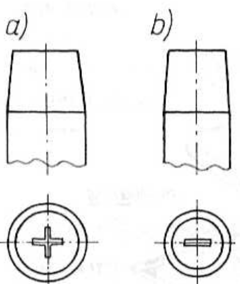
Rys. 6.8. Obudowa akumulatora wg [15]

Rys. 6.9. Łącznik międzyogniwowy wg [1]

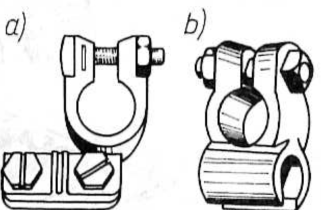
Ogniwa są umieszczone w oddzielnych komorach obudowy, zwanej blokiem, i połączone szeregowo (rys. 6.3) za pomocą łączników międzyogniwowych (rys. 6.9). Łączniki te znajdują się wewnątrz bloku — w przypadku obudowy z tworzyw sztucznych — lub na zewnątrz — w przypadku obudowy ebonitowej.

Wolne końcówki mostków skrajnych ogniw są wyprowadzone na zewnątrz obudowy w postaci tzw. **zacisków biegunowych** (trzpieni), o kształcie ściętych stożków (rys. 6.10). Na zaciskach lub obok nich na obudowie są umieszczone znaki „+” i „–”. Ponadto zacisk biegunowy dodatni ma większą średnicę.

Do zacisków akumulatora mocuje się końcówki przewodów akumulatorowych (rys. 6.11), wykonane ze stali lub mosiądzu i pokryte ołowiem. W celu uniknięcia pomyłek podczas łączenia przewodów



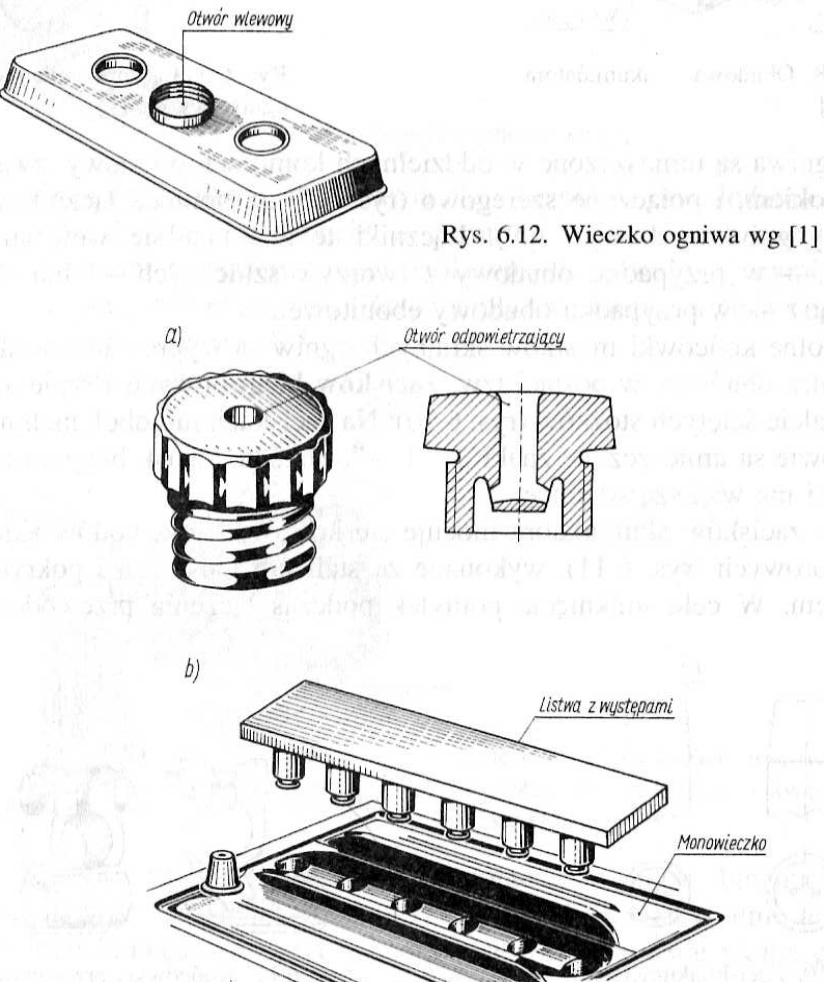
Rys. 6.10. Zaciski akumulatora wg [1]: *a*) dodatni; *b*) ujemny



Rys. 6.11. Końcówki przewodów akumulatorowych wg [1]: *a*) do przykręcania przewodów; *b*) do wlutowania przewodów

końcówki mają różne średnice, odpowiadające średnicom zacisków akumulatora, oraz są oznaczone znakami „+" lub „–".

Komory akumulatora napełnia się elektrolitem przez otwory wlewowe wieczka ogniwa (rys. 6.12). Korki otworów wlewowych mają otwory odpowietrzające (rys. 6.13), które umożliwiają ulatnianie wydzielających się gazów, a jednocześnie utrudniają wylewanie się elektrolitu.



Rys. 6.12. Wieczko ogniwa wg [1]

Rys. 6.13. Korki otworów wlewowych wg [15]: *a*) korek (zakrętka) ogniwa akumulatora; *b*) wspólne zamknięcia otworów wlewowych ogniw

6.4.2. Elektrolit

W akumulatorach kwasowych elektrolitem jest wodny roztwór kwasu siarkowego H_2SO_4.

Elektrolit przygotowuje się z chemicznie czystego stężonego kwasu siarkowego i wody destylowanej. Zarówno kwas, jak i woda nie mogą zawierać żadnych zanieczyszczeń, gdyż mogłyby one spowodować nieodwracalne uszkodzenie płyt akumulatorowych.

W czasie przygotowywania elektrolitu należy zachować szczególną ostrożność, tzn. stosować: osłonę na twarz, gumowe rękawice, buty i fartuch.

Aby uzyskać elektrolit o wymaganej gęstości, należy zachować odpowiednie proporcje kwasu siarkowego i wody destylowanej (tabl. 6.2). **Podczas rozcieńczenia kwasu wodą wlewa się kwas do wody — w żadnym wypadku nie wolno postąpić odwrotnie, ponieważ grozi to rozpryskiem i poparzeniem.** Kwas należy wlewać powoli, cienkim strumieniem do wody, a następnie mieszać roztwór prętem z kwasoodpornego materiału. Temperatura roztworu nie może przekraczać 60°C.

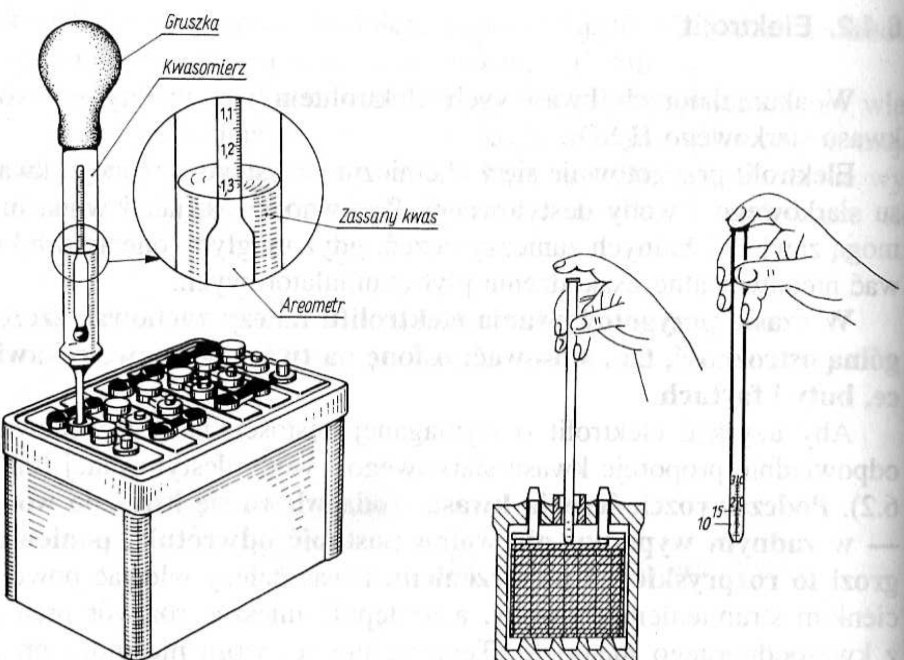
Tablica 6.2

Objętościowa zawartość stężonego kwasu siarkowego i wody destylowanej w elektrolicie w zależności od jego wymaganej gęstości

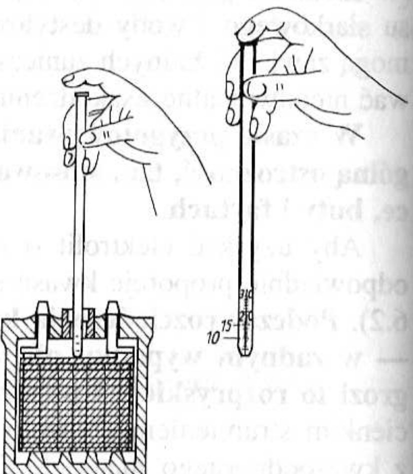
Wymagana gęstość elektrolitu	g/cm³	1,2	1,22	1,24	1,26	1,285
Stężony kwas siarkowy	cm³	180	200	220	240	260
Woda destylowana	cm³	820	800	780	760	740

Elektrolit przygotowany do napełnienia suchego i nie ładowanego akumulatora powinien mieć gęstość 1,26 g/cm³, a w przypadku akumulatora suchego, lecz już uprzednio ładowanego — 1,285 g/cm³. Gęstość elektrolitu sprawdza się **areometrem** (rys. 6.14).

Poziom elektrolitu powinien się znajdować 10 ÷ 15 mm powyżej górnych krawędzi płyt. Poziom elektrolitu sprawdza się za pomocą



Rys. 6.14. Pomiar gęstości elektrolitu w ogniwie akumulatora wg [15]



Rys. 6.15. Sprawdzanie poziomu elektrolitu za pomocą szklanej rurki wg [1]

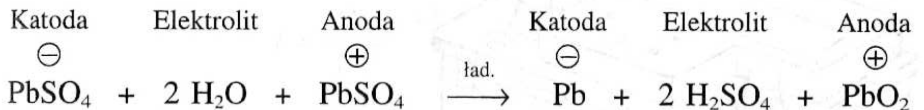
rurki szklanej, którą należy zanurzyć przez otwór wlewowy aż do oparcia o płyty. Po zatkaniu rurki palcem wyjmuje się ją i odczytuje wysokość słupa cieczy w rurce (rys. 6.15).

W przypadku napełniania elektrolitem akumulatora suchego — po napełnieniu należy go odstawić na kilka godzin, aby płyty dobrze wchłonęły elektrolit. Akumulator pierwotnie suchy i nie ładowany jest gotowy do pierwszego ładowania (tzw. ładowania formującego) po 5 lub 6 godzinach. Akumulator pierwotnie suchy, lecz uprzednio ładowany, jest gotowy do ładowania już po ok. 2 godzinach.

6.4.3. Reakcje chemiczne w czasie ładowania i wyładowania akumulatora

Akumulator ładuje się prądem stałym, łącząc zacisk źródła napięcia oznaczony „+" z zaciskiem „+" akumulatora oraz zacisk „–" źródła napięcia z zaciskiem „–" akumulatora.

Podczas **ładowania** w akumulatorze zachodzi następująca reakcja chemiczna:

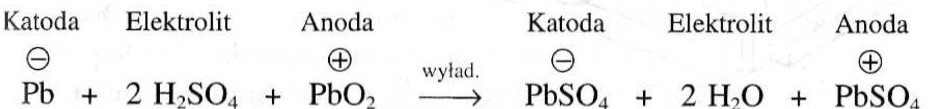


Katoda	Elektrolit	Anoda		Katoda	Elektrolit	Anoda
⊖		⊕	ład.	⊖		⊕

$$PbSO_4 + 2\,H_2O + PbSO_4 \xrightarrow{\text{ład.}} Pb + 2\,H_2SO_4 + PbO_2$$

W czasie ładowania wyzwolony z płyt siarczan ołowiowy $PbSO_4$ łączy się z H_2 pobieranym z wody, tworząc kwas siarkowy H_2SO_4. Reakcji tej towarzyszy wzrost gęstości elektrolitu.

Podczas **wyładowania** w akumulatorze zachodzi reakcja odwrotna



Katoda	Elektrolit	Anoda		Katoda	Elektrolit	Anoda
⊖		⊕	wyład.	⊖		⊕

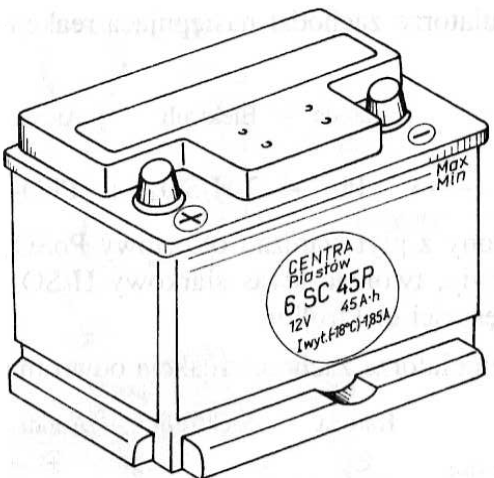
$$Pb + 2\,H_2SO_4 + PbO_2 \xrightarrow{\text{wyład.}} PbSO_4 + 2\,H_2O + PbSO_4$$

Podczas wyładowania elektrolit H_2SO_4 wchodzi w reakcję z ołowiem Pb, składnikiem masy czynnej płyt dodatnich i ujemnych, tworząc siarczan ołowiowy $PbSO_4$. Siarczan osadza się na płytach akumulatora. Wydzielająca się jednocześnie woda zmniejsza gęstość elektrolitu.

6.4.4. Ogólne zasady ładowania akumulatorów

Zanim przystąpimy do ładowania akumulatora należy sprawdzić jego oznakowanie (rys. 6.16). Polskie akumulatory są oznakowane zgodnie z zaleceniami normy PN-93/E-83001/01. Akumulator powinien być oznakowany następująco:

- Wyróżnik. Na przykład symbole zawarte w wyróżniku 6 SC 45 P oznaczają kolejno: 6 — liczbę ogniw, S — akumulator sucho ładowany, C — rodzaj płyt, 45 — pojemność (A · h) 20-godzinną, P — akumulator z obudową wykonaną z polipropylenu.
- Napięcie znamionowe w woltach (V).
- Pojemność znamionowa Q_n w amperogodzinach (A · h).
- Prąd wyładowania w temperaturze – 18°C w amperach (A).
- Oznaczenie biegunowości.
- Nazwa lub znak wytwórcy.
- Data produkcji (miesiąc i rok).



Rys. 6.16. Sposób oznakowania akumulatora

— Klasa akumulatora (wg IEC) A lub B.
  klasa A dotyczy akumulatorów do pojazdów osobowych.
  klasa B dotyczy akumulatorów do ciężarówek, autobusów, maszyn budowlanych.
  Akumulatory przeznaczone do pracy w klimacie tropikalnym powinny mieć dodane do oznaczenia klasy A i B literę T, tj.: AT i BT.
— Bezobsługowy — jeżeli działa bez uzupełniania wody lub odpowiada podwyższonym wymaganiom.

Szczególnie ważne jest sprawdzenie pojemności akumulatora i liczby jego ogniw.

Pojemność akumulatora Q jest to ładunek elektryczny, jaki można pobrać z naładowanego akumulatora do chwili, gdy napięcie na jego zaciskach spadnie do wartości minimalnej, odpowiadającej dopuszczalnemu rozładowaniu — 1,75 V na 1 ogniwo.
Pojemność (w A · h) określa zależność

$$Q = I \cdot t \tag{6.2}$$

w której: I — prąd wyładowania w A,
t — czas wyładowania w h.

Teoretycznie akumulator można wyładować dowolnym prądem; jednak ze względu na trwałość płyt należy obliczać prąd wyładowania akumulatora zakładając, że czas wyładowania będzie równy 20 h.

Na przykład, gdy pojemność akumulatora Q = 34 A · h, wówczas prąd wyładowania

$$I = \frac{Q}{t} = \frac{34\ \text{A} \cdot \text{h}}{20\ \text{h}} = 1{,}7\ \text{A}$$

Można to zapisać następująco:

$$I_{20} = 0{,}05\ Q_{20} = 0{,}05 \cdot 34 = 1{,}7\ \text{A}$$

gdzie: I_{20} — prąd znamionowy wyładowania (tzw. prąd 20-godzinny),
Q_{20} — pojemność 20-godzinna.

Prąd znamionowy wyładowania I_{20} to maksymalny prąd, jaki można pobrać z akumulatora bez jego uszkodzenia.

Pojemność 20-godzinna Q_{20} to pojemność akumulatora, którego czas wyładowania do osiągnięcia minimalnego napięcia (1,75 V na 1 ogniwo) w temperaturze 25°C wynosi 20 h. Pojemność 20-godzinną przyjęto nazywać **pojemnością znamionową** akumulatora.

6.4.5. Sposoby ładowania akumulatorów

Ładowanie pierwsze formujące. W tym przypadku sposób przygotowania elektrolitu zależy od tego, czy jest to akumulator suchy ładowany czy suchy nie ładowany (p. 6.4.2). Akumulator należy ładować prądem stałym o stałej wartości. Potrzebny jest do tego prostownik z urządzeniem do stabilizacji prądu.

Przed przystąpieniem do ładowania należy sprawdzić: stan techniczny przewodów elektrycznych i zacisków, dokręcenie połączeń gwintowych, a także — wykręcić korki wlewowe oraz sprawdzić poziom elektrolitu.

Akumulator suchy nie ładowany (elektrolit 1,265 g/cm³) ładuje się 50 ÷ 70 h prądem $I = 0{,}05\ Q_{20}$. W przypadku akumulatora o pojemności Q = 34 A · h prąd ładowania I = 1,7 A.

Ładowanie uznaje się za zakończone, gdy wszystkie ogniwa jednakowo „gazują", napięcie ogniw wynosi 2,4 V, a elektrolit osiągnął gęstość 1,285 g/cm³. Po pierwszym ładowaniu pożądane jest wyładowanie akumulatora prądem $I = 0{,}10\ Q_{20}$ trwające ok. 5 h, a następnie ponowne ładowanie prądem $I = 0{,}10\ Q_{20}$ do pełnego naładowania.

Akumulator suchy ładowany (elektrolit 1,28 g/cm^3) ładuje się $4 \div 10$ h prądem $I = 0{,}05\ Q_{20}$. W przypadku, gdy akumulator taki był przechowywany nie dłużej niż 6 miesięcy od daty produkcji lub gdy odbył długą jazdę po zainstalowaniu w samochodzie, wówczas nie ma potrzeby ładowania go, wystarczy samo zalanie odpowiednim elektrolitem.

Ładowanie jednostopniowe. Jednostopniowo akumulator ładuje się prądem $I = 0{,}10\ Q_{20}$ do chwili zauważenia oznak całkowitego naładowania. Akumulator całkowicie wyładowany ładuje się w ten sposób ok. 13 h. Takie ładowanie nie jest zalecane, gdyż niekorzystnie wpływa na trwałość akumulatora.

Ładowanie dwustopniowe. Dwustopniowo akumulator ładuje się prądem $I = 0{,}10\ Q_{20}$ do chwili wystąpienia „gazowania" (2,4 V). Gdy akumulator był całkowicie wyładowany, ładowanie trwa ok. 20 h. Następnie zaleca się 2-godzinną przerwę, by umożliwić dyfuzję elektrolitu oraz odgazowanie, i ponowne ładowanie prądem $I = 0{,}05\ Q_{20}$ przez ok. 6 h, aż do pojawienia się oznak całkowitego naładowania.

Ładowanie przyspieszone. W sposób przyspieszony akumulator ładuje się prądem $I = 0{,}80\ Q_{20}$ do chwili wystąpienia „gazowania" ogniw (2,4 V), a następnie prąd ładowania zmniejsza się do wartości $I = 0{,}10\ Q_{20}$. W ciągu 0,5 h akumulator można w ten sposób naładować do $60 \div 70\%$ pojemności. Ładowanie takie stosuje się tylko w przypadkach awaryjnych, ponieważ niekorzystnie wpływa na trwałość akumulatora.

Ładowanie prądem przy stałym napięciu. Jest to sposób bardzo często stosowany. Napięcie powinno być utrzymane w granicach $2{,}35 \div 2{,}45$ V na ogniwo. Prąd ładowania — początkowo duży — stopniowo maleje. W tym przypadku wykorzystuje się zdolność akumulatora do samoregulacji prądu ładowania w zależności od stopnia naładowania. W taki sposób odbywa się ładowanie akumulatora w czasie jazdy samochodu. Proces taki zachodzi w układzie prądnica–regulator napięcia–akumulator.

Ładowanie regeneracyjne (odsiarczające). Oznaki zasiarczenia akumulatora to m.in.:

— zbyt mała gęstość elektrolitu po naładowaniu,
— duża wartość napięcia podczas ładowania,
— znaczny spadek pojemności elektrycznej,
— wzrost temperatury powyżej 40°C w czasie ładowania.

W przypadku **niewielkiego zasiarczenia** akumulator można zregenerować przez odpowiednie ładowanie (wyrównawcze) prądem $I = 0{,}02 \div 0{,}05\ Q_{20}$ aż do wystąpienia oznak całkowitego naładowania. Ładowanie należy prowadzić z przerwami: po 12 h ładowania $1 \div 2$ h przerwy.

W przypadku **dużego zasiarczenia** z akumulatora należy usunąć elektrolit, napełnić go wodą destylowaną i ładować prądem $I = 0{,}02 \div 0{,}05\ Q_{20}$ przez $3 \div 6$ dni (z przerwami — do chwili uzyskania przez elektrolit gęstości $1{,}10 \div 1{,}15$ g/cm^3. Ponownie trzeba wylać elektrolit, natychmiast nalać wody destylowanej i kontynuować ładowanie prądem ($I = 0{,}02 \div 0{,}05\ Q_{20}$) aż do ustalenia się napięcia na zaciskach akumulatora. Następnie po raz trzeci należy wylać elektrolit, napełnić akumulator świeżym elektrolitem o gęstości $1{,}26 \div 1{,}30$ g/cm^3 i ładować go prądem $I = 0{,}05\ Q_{20}$ aż do wystąpienia objawów pełnego naładowania.

Po ładowaniu odsiarczającym zaleca się wyładowanie akumulatora prądem $I = 0{,}05\ Q_{20}$ w celu określenia jego pojemności elektrycznej. Jeżeli akumulator wykaże pojemność przekraczającą 50% pojemności znamionowej, to nadaje się do dalszej eksploatacji.

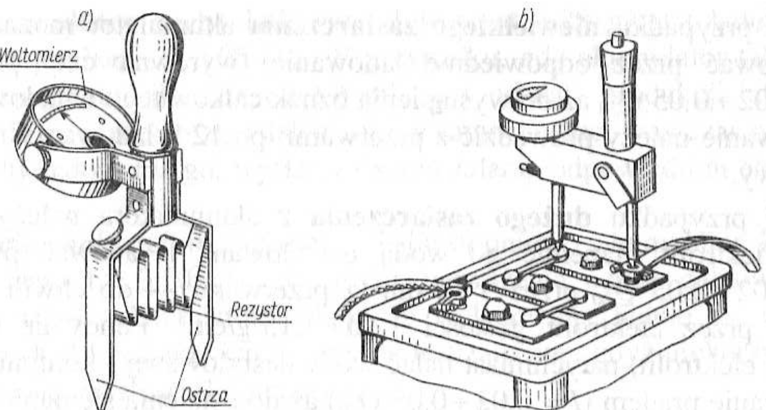
W przypadku bardzo silnego zasiarczenia ładowanie odsiarczające jest mało skuteczne.

6.4.6. Ocena stopnia naładowania akumulatora

Napięcie akumulatora mierzy się za pomocą próbnika ogniw (rys. 6.17). Napięcie każdego ogniwa sprawdza się oddzielnie, przykładając ostrza widełkowe równolegle do końcówek biegunowych, tj. ostrze dodatnie próbnika do końcówki biegunowej ujemnej. Próbnik służy do szybkiej oceny stopnia naładowania ogniw akumulatora.

Obecnie w użyciu znajdują się też próbniki umożliwiające ocenę stopnia naładowania całego akumulatora. Są one niezbędne, gdy mamy do czynienia z akumulatorami, z których łączniki międzyogniwowe nie są wyprowadzone na zewnątrz.

Stopień naładowania akumulatora można również ocenić mierząc areometrem gęstość elektrolitu w ogniwach. Zależność stopnia naładowania akumulatora od gęstości elektrolitu w temperaturze 20°C i siły elektromotorycznej ogniwa podano w tabl. 6.3.



Rys. 6.17. Próbniki ogniw wg [15]: *a)* woltomierz bocznikowy; *b)* próbnik z wyłącznikiem przyciskowym

T a b l i c a 6.3

Stopień naładowania akumulatora w zależności od gęstości elektolitu i siły elektromotorycznej ogniwa

Stopień naładowania ogniwa	%	100	75	50	25	0
Gęstość elektrolitu	g/cm³	1,28	1,24	1,19	1,14	1,10
Siła elektromotoryczna ogniwa	V	2,12	2,08	2,03	1,98	1,94

W praktyce siłę elektromotoryczną (w V) ogniwa z wystarczającą dokładnością wyznacza się z równania

$$E = 0{,}84 + \gamma$$

w którym: γ — gęstość elektrolitu w temperaturze 20°C, w g/cm³.

Temperatura otoczenia ma znaczny wpływ na pojemność akumulatora, np. w temperaturze 30°C — Q_{20} = 100%, a w temperaturze –30°C pojemność 20-godzinna Q_{20} = 40% pojemności znamionowej.

6.4.7. Bhp podczas obsługi akumulatorów

Ze względu na obecność substancji żrących i wybuchowych obsługiwanie akumulatorów nie jest zajęciem bezpiecznym i wymaga zachowania szczególnej ostrożności.

Mając do czynienia z elektrolitem, tj. z cieczą o silnie żrących właściwościach, należy stosować osłonę twarzy, gumowe rękawice, buty i fartuch.

W wypadku poparzenia kwasem siarkowym skórę należy zmyć strumieniem zimnej wody, po czym zwilżyć neutralizatorem. Jako neutralizator można zastosować wodny roztwór sody technicznej lub ciekły amoniak (1 część ciekłego amoniaku na 1 część wody). Splamioną elektrolitem tkaninę (ubranie, tapicerkę) należy natychmiast nasycić roztworem ciekłego amoniaku i po chwili spłukać zimną wodą.

W pomieszczeniach, w których ładuje się akumulatory, nie można przebywać z otwartym ogniem (palącą się zapałką czy papierosem). Wolno tam używać jedynie oświetlenia elektrycznego. Zagrożenie stanowi możliwość wybuchu mieszaniny wodoru i tlenu, wydzielających się z elektrolitu podczas ładowania.

Warsztaty i akumulatorownie powinny mieć instalacje elektryczne hermetyczne i kwasoodporne. Ponadto powinny być wyposażone w dobrą wentylację i utrzymywane w czystości.

Nie należy dotykać ręką płyt akumulatorowych, ponieważ zawierają one trujące tlenki ołowiu. Jest to niebezpieczne, zwłaszcza gdy ręka jest skaleczona.

Na akumulatorze nie wolno kłaść narzędzi ani żadnych przedmiotów metalowych, gdyż może to spowodować zwarcie i w konsekwencji — pożar. W celu uniknięcia przypadkowych zwarć i wadliwych połączeń podczas wszelkich prac przy instalacji elektrycznej samochodu należy odłączyć połączenie akumulatora z masą (–) przez zluzowanie zacisku i zdjęcie przewodu.

6.4.8. Typowe usterki akumulatorów i przyczyny ich występowania

Zasiarczenie płyt akumulatora może być spowodowane:

- — wyładowaniem poniżej dopuszczalnego napięcia wyładowania (1,75 V na 1 ogniwo) i pozostawieniem go w takim stanie przez dłuższy czas;
- — zbyt niskim poziomem elektrolitu (odsłonięciem płyt);
- — długotrwałym nieużytkowaniem akumulatora, co powoduje jego samowyładowanie;

— zbyt małą gęstością elektrolitu;
— ciągłym niedoładowaniem akumulatora.

Wyginanie płyt jest spowodowane nagromadzeniem siarczanu ołowiawego na płytach dodatnich wskutek nadmiernego wyładowania. Przyczyną tego rodzaju uszkodzenia akumulatora może być również wyładowanie go zbyt dużym prądem.

Gromadzenie się zanieczyszczeń między żebrami na dnie naczynia akumulatora jest spowodowane opadaniem rozluźnionej masy czynnej w wyniku przemian elektrochemicznych. Po pewnym czasie może to wywołać zwarcie między płytami, co przyspiesza samowyładowanie.

Gazowanie elektrolitu jest spowodowane przeładowaniem akumulatora. Tworzące się pęcherzyki gazu działają mechanicznie na masę czynną, powodując wypadanie masy, a tym samym zniekształcanie płyt. Dobrze działająca prądnica z regulatorem, regulującym wartość prądu w zależności od stanu naładowania akumulatora, zapobiega temu zjawisku.

Przebiegunowanie ogniw może wystąpić, gdy akumulator zostanie wadliwie połączony ze źródłem napięcia, to znaczy biegun „–" akumulatora z biegunem „+" źródła napięcia. W takim przypadku akumulator najpierw zostanie całkowicie wyładowany, a następnie będzie ładowany w kierunku przeciwnym, w wyniku czego płyty dodatnie staną się ujemnymi, a ujemne — dodatnimi.

6.5. Akumulatory zasadowe

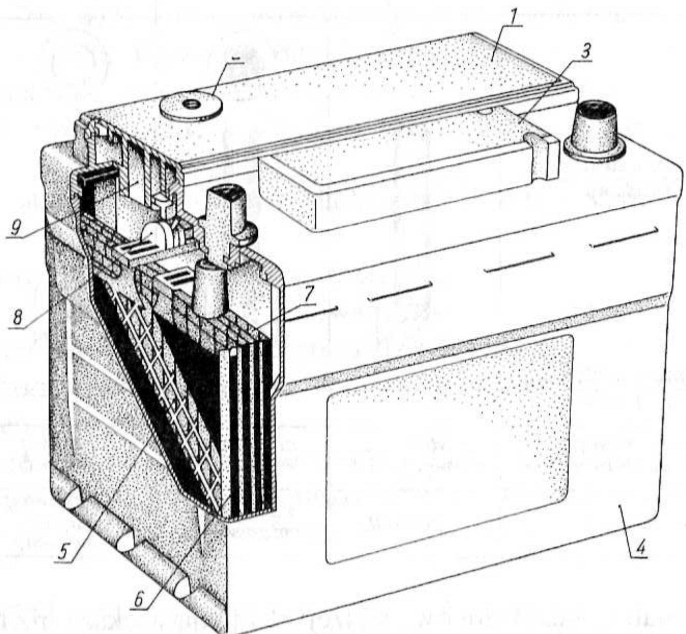
Do akumulatorów zasadowych zalicza się akumulatory: żelazowo-niklowe, kadmowo-niklowe, cynkowo-srebrowe, kadmowo-srebrowe.

Zasadowym elektrolitem w tych akumulatorach jest wodny roztwór wodorotlenku potasu (ługu potasowego) KOH, o gęstości $1{,}19 \div 1{,}21$ g/cm^3.

Jako zalety tych akumulatorów należy wymienić: odporność na zwarcia, przeciążenia i wstrząsy oraz łatwość obsługi i eksploatacji. Ich wady to zbyt niskie napięcie poszczególnych ogniw, mała sprawność w stosunku do kosztów produkcji oraz większa niż akumulatorów kwasowych rezystancja wewnętrzna. Z tych względów nie są one powszechnie stosowane jako akumulatory rozruchowe.

6.6. Akumulatory bezobsługowe

Dla użytkowników znacznie wygodniejsze od dotychczas omówionych są akumulatory bezobsługowe (rys. 6.18). Przygotowane fabrycznie do eksploatacji nie wymagają żadnej obsługi ani konserwacji w okresie podanym w instrukcji. Ich konstrukcja i zasada działania



Rys. 6.18. Akumulator bezobsługowy wg [7]

1 — osłona przeciwogniowa, *2* — wskaźnik ładowania, *3* — pokrywa przyspawana do obudowy, zapobiegająca zanieczyszczeniu elektrolitu i niepotrzebnemu dolewaniu wody, *4* — obudowa z polipropylenu żebrowanego, *5* — siatki ze stopu rafinowanego, *6* — płyty akumulatorowe, *7* — osłony izolujące, *8* — złącze centralne płyt, *9* — odkraplacz cieczy

zapewniają katalityczne odzyskiwanie rozłożonej wody. Dzięki temu w takim akumulatorze występuje rezerwa elektrolitu przez cały okres jego eksploatacji. Nie trzeba zatem dolewać do niego wody destylowanej. Nie ma więc on korków wlewowych, jego obudowa jest hermetyczna, zamknięta „raz na zawsze". Tym samym do wnętrza akumulatora nie mogą się przedostać żadne zanieczyszczenia.

Wskaźnik ładowania (tabl. 6.4) umożliwia szybką wzrokową ocenę stanu naładowania akumulatora.

Tablica 6.4

Wskaźnik stanu ładowania akumulatora

Budowa wskaźnika			
Barwa oczka	*zielone*	*czarne*	*jasne*
Poziom elektrolitu właściwy			
Poziom elektrolitu zbyt niski			
Stan ładowania akumulatora	*właściwy, powyżej 65%*	*niewłaściwy, poniżej 65%*	*nie da się naładować*
Akumulator	*sprawny*	*wymagający doładowania*	*niesprawny, musi być wymieniony*

Akumulatory bezobsługowe są lżejsze i mają większą niż tradycyjne moc.

Okres pracy akumulatora bez obsługi, z zachowaniem jego parametrów, wynosi kilka lat.

6.7. Perspektywy stosowania ogniw elektrochemicznych w motoryzacji

Wyczerpywanie się naturalnych źródeł energii, rozwój motoryzacji i związane z nim zanieczyszczenie środowiska oraz hałas stały się bodźcem do szukania nowych rodzajów napędów w pojazdach samochodowych.

Trwają obecnie badania nad zastąpieniem silnika spalinowego silnikiem elektrycznym, czerpiącym energię z akumulatora. Nie może to być jednak akumulator ołowiowy, gdyż jest zbyt ciężki i drogi, a jego zdolność gromadzenia energii — zbyt mała. Ponadto związki ołowiu są toksyczne, a naturalne zasoby ołowiu — ograniczone.

Poszukując nowych elektrochemicznych źródeł energii, badano np. ogniwa wodorowo-tlenowe, cynkowo-powietrzne, sodowo-siarkowe i niklowo-kadmowe.

Wydaje się, że największe nadzieje rokuje akumulator sodowo-siarkowy. Znalazły w nim zastosowanie bardzo tanie materiały czynne — sód i siarka. Fazę pośrednią (elektrolit) stanowi system sklejonych kapilar lub materiał ceramiczny sporządzony z krystalicznego tlenku glinowego (Al_2O_3). Ogniwo takie pracuje w temperaturze 350°C.

Zalety akumulatora sodowo-siarkowego w porównaniu z ołowiowym to:

— niższy o 30 ÷ 50% koszt wytwarzania,

— krótszy czas (ok. 20 min) ładowania ogniwa do pojemności 70%,

— 4-krotnie większa zdolność gromadzenia energii.

Ponadto akumulator taki nie ulega samowyładowaniu i jest odporny na przeładowanie.

Obecnie trwają prace nad udoskonaleniem akumulatora sodowo-siarkowego, mającego na celu pokonanie takich trudności, jak:

— konieczność wstępnego rozgrzewania baterii do temperatury 350°C,

— zapewnienie dobrej izolacji termicznej,

— zapewnienie bezpieczeństwa w sytuacjach awaryjnych.

Konstruktorzy sądzą, iż niebawem pojazd o napędzie elektrycznym, ze źródłem prądu w postaci akumulatora sodowo-siarkowego będzie miał taki sam zasięg, jak samochód z silnikiem spalinowym.

Ze względu na nadmierne zanieczyszczenie miast spalinami trwają też intensywne prace nad skonstruowaniem samochodu o napędzie hybrydowym. Rozwiązanie takie polega na połączeniu napędu elektrycznego z napędem spalinowym. Silnik elektryczny byłby stosowany w mieście, natomiast poza miastem zastępowałby go silnik spalinowy, który — napędzając pojazd — ładowałby jednocześnie akumulatory.

7. Maszyny elektryczne prądu stałego

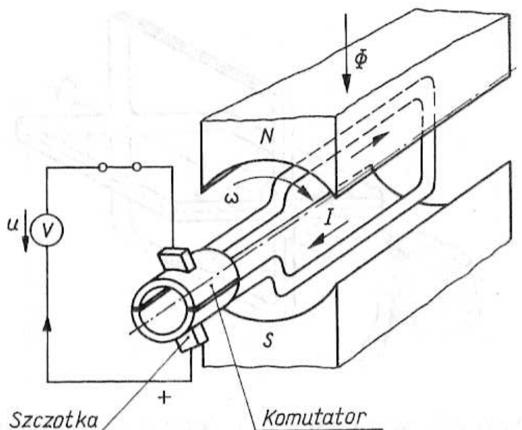
7.1. Wiadomości wstępne

Maszyną elektryczną jest zarówno **silnik elektryczny**, który przetwarza energię elektryczną w energię mechaniczną, jak i **prądnica**, która czerpiąc z zewnątrz energię mechaniczną przetwarza ją w energie elektryczną.

Maszyny elektryczne prądu stałego są więc albo zasilane prądem stałym (silniki), albo stanowią źródło prądu stałego (prądnice).

Działanie prądnicy prądu stałego jest oparte na zjawisku indukcji elektromagnetycznej, które polega na wzbudzeniu siły elektromagnetycznej w uzwojeniu wirującym w polu magnetycznym. Zasadę działania prądnicy prądu stałego przedstawia rys. 7.1. W polu wytworzonym przez magnesy (lub elektromagnesy) *N-S* obraca się ramka, to znaczy jeden zwój przewodnika. Końce ramki są połączone z dwoma — nie stykającymi się ze sobą (odizolowanymi) — półpierścieniami. Jeden półpierścień jest połączony z jednym końcem ramki, a drugi — z drugim. Te dwa półpierścienie, wirujące wraz z ramką, nazwano komutatorem.

Komutator umożliwia zmianę wytwarzanego przez maszynę prądu dwukierunkowego na jednokierunkowy. Gdy do ramki przyłożymy siłę powodującą jej obrót, wówczas indukuje się w niej napięcie. Napięcie to może być wykorzystane do zasilania obwodu zewnętrznego. Umożliwiają to dwa elementy ślizgające się po komutatorze, zwane szczotkami. W układzie przedstawionym na rys. 7.1 szczotka

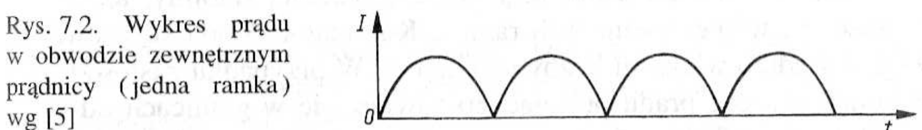


Rys. 7.1. Zasada działania prądnicy prądu stałego (jedna ramka) wg [20]

dolna zawsze przylega do połówki komutatora połączonej z prętem znajdującym się nad biegunem *S*. Biegunowość tej szczotki pozostaje więc niezmienna i w rozpatrywanym przypadku jest dodatnia.

Natomiast górna szczotka zawsze przylega do połówki komutatora połączonej z prętem znajdującym się pod biegunem *N*, a więc jej biegunowość jest stale ujemna. Ponieważ podczas obrotu ramki w polu magnetycznym biegunowość szczotek nie ulega zmianie, więc prąd w obwodzie zewnętrznym zawsze będzie płynął od szczotki dolnej (+) przez odbiornik (żarówkę) do szczotki górnej (–), czyli kierunek prądu w odbiorniku będzie stały. Tak więc w ramce wytwarza się napięcie przemienne, które zostaje wyprostowane przez komutator.

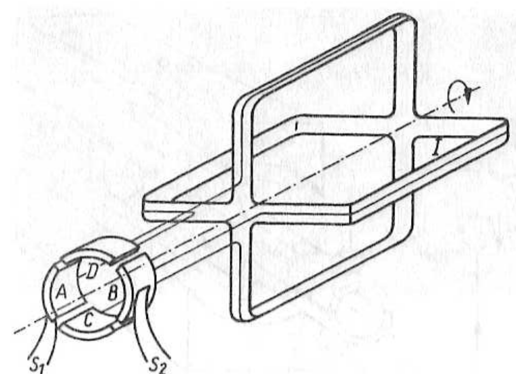
Na rysunku 7.2 przedstawiono wykres ilustrujący zmiany, jakim ulega wartość prądu w obwodzie zewnętrznym. Prąd ten trudno



Rys. 7.2. Wykres prądu w obwodzie zewnętrznym prądnicy (jedna ramka) wg [5]

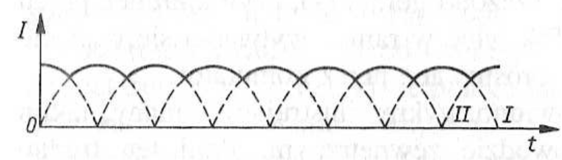
nazwać stałym, ulega bowiem zmianom od zera do wartości największej. Jedynie jego kierunek pozostaje stały. Prąd taki nazwano **pulsującym**.

Można jednak uzyskać prąd, którego wartość będzie się zmieniać w węższych granicach. Wyobraźmy sobie, że między biegunami magnesu trwałego wiruje nie jedna ramka, lecz dwie, ustawione wzajemnie prostopadle. Komutator składa się wówczas nie z dwóch



Rys. 7.3. Komutator złożony z czterech wycinków (dwie ramki) wg [5]

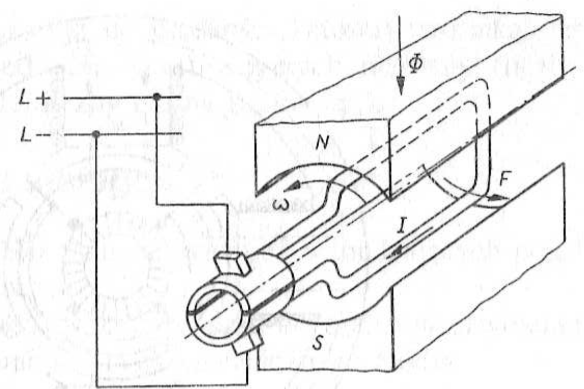
wycinków pierścienia, lecz z czterech części: *A*, *B*, *C* i *D* (rys. 7.3). Wycinki komutatora *A* i *B* stanowią końcówki jednej ramki, a wycinki *C* i *D* — drugiej. Szczotki S_1 i S_2 stykają się na przemian albo z wycinkami *A* i *B*, albo z *C* i *D*. Zmiany wartości prądu w jednej ramce są opóźnione w stosunku do zmian w drugiej o 1/4 pełnego obrotu. Odpowiadający tym zmianom wykres prądu (rys. 7.4) składa się z dwóch części: linia *I* przedstawia prąd pulsujący otrzymany z jednej ramki, linia *II* — prąd otrzymany z drugiej ramki. Linią ciągłą zaznaczono wykres zmian prądu otrzymanego z obu ramek. Jak widać, prąd ten zmienia się w znacznie węższych granicach.



Rys. 7.4. Wykres prądu w obwodzie zewnętrznym (dwie ramki) wg [5]

Jeżeli chcemy otrzymać prąd jeszcze bardziej stabilny, to należy zastosować więcej wirujących ramek. Komutator składa się wówczas z odpowiednio większej liczby wycinków. W przypadku zastosowania 8 ramek wartość prądu pulsującego zawiera się w granicach od 1 do 0,981 prądu maksymalnego. Po zastosowaniu jeszcze większej liczby ramek otrzymany prąd nie będzie się prawie różnił od prądu stałego.

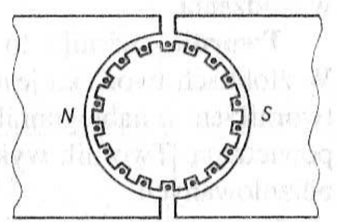
Działanie silnika prądu stałego. W silniku prądu stałego wykorzystano zjawisko oddziaływania pola magnetycznego na przewodnik z prądem. Ilustruje to rys. 7.5. W polu magnetycznym znajduje się ramka, przez którą przepływa prąd stały, doprowadzony za pośrednictwem szczotek i wycinków komutatora. Pojawiająca się wówczas siła *F* jest skierowana (zgodnie z regułą lewej dłoni — rys. 2.6) prostopad-



Rys. 7.5. Zasada działania silnika prądu stałego wg [2]

le do płaszczyzny ramki. Powstaje więc moment obrotowy działający na ramkę. Po obróceniu się ramki o kąt 180° moment obrotowy nie zmienia kierunku, gdyż jednocześnie następuje obrót półpierścieni komutatora i zmiana kierunku prądu w ramce — ramka obraca się.

W rzeczywistości stosuje się nie jedną, lecz znacznie więcej ramek. W silniku nie są to ramki, lecz uzwojenia. Odpowiednio większa jest również liczba wycinków komutatora. Dzięki temu maleje pulsacja wytwarzanego przez silnik momentu obrotowego, co oznacza stabilniejszą pracę silnika.



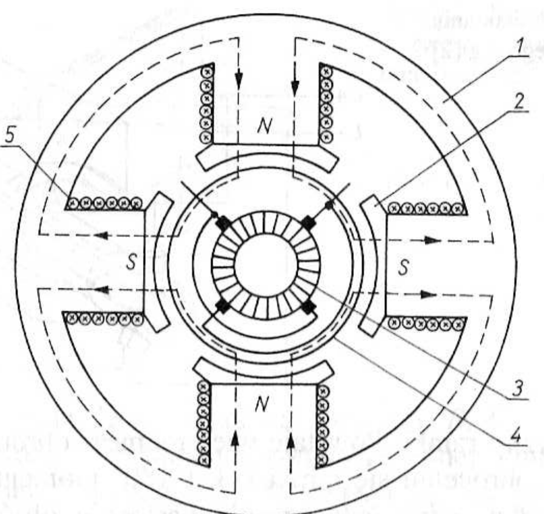
Rys. 7.6. Wirnik z uzwojeniami umieszczonymi w szczelinach (żłobkach) wg [5]

Strumień magnetyczny w żelazie jest znacznie silniejszy niż w próżni czy w powietrzu. Dlatego uzwojenia umieszcza się w wąskich szczelinach (żłobkach) stalowego walca, zwanego wirnikiem silnika (rys. 7.6)

7.2. Budowa maszyn prądu stałego

Podstawowe elementy maszyny prądu stałego (rys. 7.7) to magneśnica, twornik i komutator.

Magneśnica jest nieruchoma; składa się z jarzma i biegunów magnetycznych. Do stalowego jarzma są przymocowane elektromag-



Rys. 7.7. Części składowe maszyny prądu stałego wg [20]

1 — jarzmo, *2* — nabiegunniki, *3* — komutator, *4* — twornik, *5* — cewka magnesująca

nesy wraz z nabiegunnikami. Bieguny magnetyczne są wykonane z blachy prądnicowej, wzajemnie odizolowanej. W skład elektromagnesów wchodzi uzwojenie magnesujące, przez które płynie prąd wzbudzenia.

Twornik (wirnik) to element wirujący wraz z wałem maszyny. W żłobkach twornika jest umieszczone uzwojenie. Przestrzeń między twornikiem a nabiegunnikami elektromagnesów nazywa się szczeliną powietrzną. Twornik wykonuje się z blach prądnicowych, wzajemnie odizolowanych.

Komutator w prądnicy służy do odprowadzania prądu z uzwojenia twornika do obwodu zewnętrznego. W silniku przez komutator prąd płynie w kierunku odwrotnym, tzn. z obwodu zewnętrznego do uzwojenia twornika. Komutator składa się z wycinków pierścienia wykonanych z miedzi elektrolitycznej, odizolowanych od siebie i od stalowej piasty, na której są osadzone. Po komutatorze ślizgają się szczotki grafitowe, odprowadzające prąd z uzwojenia twornika do obwodu zewnętrznego. Rdzeń twornika oraz komutator są umieszczone na wale osadzonym w łożyskach.

Podczas wirowania — niezależnie od tego, czy maszyna pracuje jako prądnica czy jako silnik — w wirniku indukuje się siła elektromotoryczna. Siła elektromotoryczna jest wprost proporcjonalna do

strumienia magnetycznego oraz do prędkości kątowej twornika. Jej wartość zależy również od cech konstrukcyjnych maszyny (liczby zwojów, rodzaju uzwojenia, liczby par biegunów itp.).

7.3. Prądnice prądu stałego

W zależności od sposobu zasilania uzwojeń wzbudzających prądnice prądu stałego dzielimy na:

— obcowzbudne (rys. 7.8*a*), w których prąd do zasilania uzwojenia wzbudzenia jest pobierany z innego niezależnego źródła;

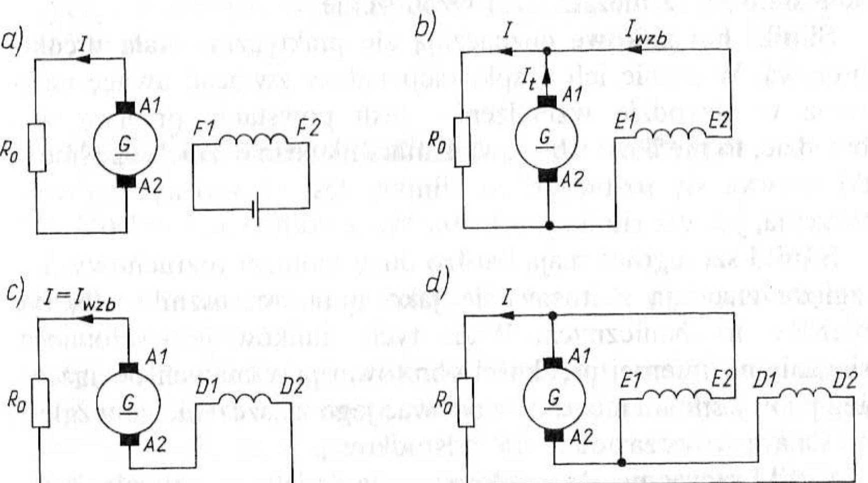
— samowzbudne (rys. 7.8*b,c,d*), w których prąd do zasilania uzwojenia wzbudzenia jest pobierany z tej samej prądnicy.

W zależności od sposobu połączenia uzwojeń wzbudzenia prądnicy samowzbudnej rozróżniamy:

— prądnice bocznikowe (rys. 7.8*b*), o uzwojeniach wzbudzenia połączonych równolegle z twornikiem;

— prądnice szeregowe (rys. 7.8*c*), o uzwojeniach wzbudzenia połączonych szeregowo z twornikiem;

— prądnice szeregowo-bocznikowe (rys. 7.8*d*), mające dwa uzwojenia wzbudzenia, z których jedno jest połączone równolegle, a drugie szeregowo z twornikiem.



Rys. 7.8. Prądnice prądu stałego wg [20]: *a*) obcowzbudna; *b*) samowzbudna bocznikowa; *c*) samowzbudna szeregowa; *d*) samowzbudna szeregowo-bocznikowa

Końce uzwojeń prądnicy łączy się z zaciskami na tablicy, zwanej tablicą zaciskową. Zaciski te oznacza się następująco:

A1, A2 — zaciski uzwojenia twornika,
F1, F2 — zaciski uzwojenia wzbudzenia obcego,
E1, E2 — zaciski uzwojenia wzbudzenia bocznikowego,
D1, D2 — zaciski uzwojenia wzbudzenia szeregowego.

Oznaczenia te zastosowano na rys. 7.8. Umożliwiają one identyfikację odpowiednich uzwojeń na schematach.

Tak samo oznacza się zaciski końców uzwojeń silników prądu stałego.

7.4. Silniki prądu stałego

W zależności od sposobu zasilania uzwojeń wzbudzenia rozróżnia się silniki prądu stałego: obcowzbudne, bocznikowe, szeregowe i szeregowo-bocznikowe.

Schematy połączeń uzwojeń wewnętrznych silników prądu stałego są takie same, jak przedstawione na rys. 7.8 schematy połączeń uzwojeń wewnętrznych prądnic prądu stałego.

W **silnikach obcowzbudnych** uzwojenie wzbudzenia jest zasilane ze źródła o stałym napięciu, a twornik — z oddzielnej prądnicy o regulowanej sile elektromotorycznej. Z tego względu są one nazywane silnikami z niezależnym wzbudzeniem.

Silniki bocznikowe odznaczają się praktycznie stałą prędkością obrotową. W czasie ich eksploatacji należy zwracać uwagę na połączenia w obwodzie wzbudzenia. Jeśli powstanie przerwa w tym obwodzie, to prędkość obrotowa silnika niebezpiecznie wzrośnie. Stan taki nazywa się rozbieganiem silnika. Jest on groźny zarówno dla otoczenia, jak dla silnika.

Silniki szeregowe mają bardzo duży moment rozruchowy. Z tego względu znajdują zastosowanie jako m.in. rozruszniki elektryczne pojazdów mechanicznych. Wadą tych silników jest skłonność do osiągania nadmiernej prędkości obrotowej przy małych obciążeniach. Bieg jałowy silnika może spowodować jego zniszczenie ze względu na powstającą wówczas dużą siłę odśrodkową.

Silniki szeregowo-bocznikowe mają dodatkowe uzwojenie (bocznikowe), którego zadaniem jest wytworzenie strumienia magnetycznego ograniczającego prędkość silnika.

8. Zasilanie elektryczne pojazdu

8.1. Wiadomości wstępne

Pojazdy samochodowe wyposaża się w dwa źródła energii elektrycznej: akumulator i prądnicę.

Akumulator zasila odbiorniki elektryczne samochodu w sytuacji, gdy silnik spalinowy nie pracuje. Odbiorniki te to głównie rozrusznik i oświetlenie. Energia akumulatora zużyta w czasie postoju lub na rozruch silnika zostaje uzupełniona w czasie ruchu pojazdu z innego źródła energii, którym jest **prądnica samochodowa**. Prądnica dostarcza energii elektrycznej urządzeniom samochodu w czasie jazdy oraz ładuje akumulator.

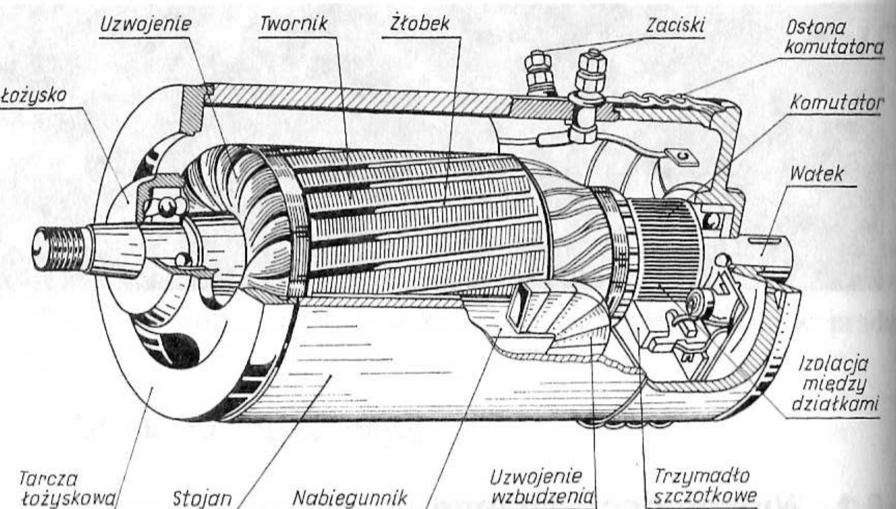
8.2. Prądnice samochodowe prądu stałego

8.2.1. Budowa prądnicy samochodowej

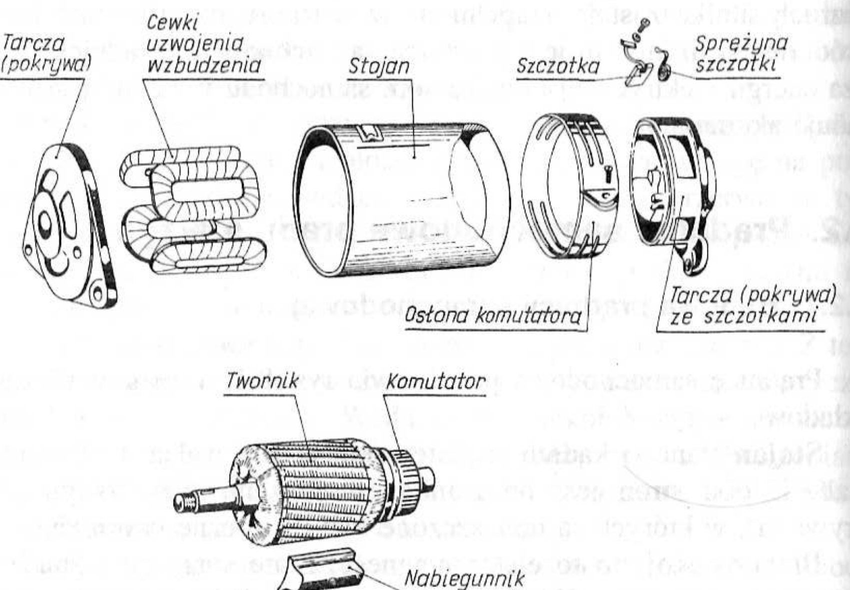
Prądnicę samochodową przedstawia rys. 8.1, a jej główne części składowe — rys. 8.2.

Stojan stanowi kadłub prądnicy w kształcie walca, wykonany ze stali. Z obu stron jest on zamknięty tarczami łożyskowymi (pokrywami), w których są umieszczone łożyska toczne twornika.

Bieguny stojana to elektromagnesy, które służą do wzbudzania pola magnetycznego. Składają się z nabiegunników i uzwojeń wzbudzenia.



Rys. 8.1. Perspektywiczny przekrój prądnicy wg [1]



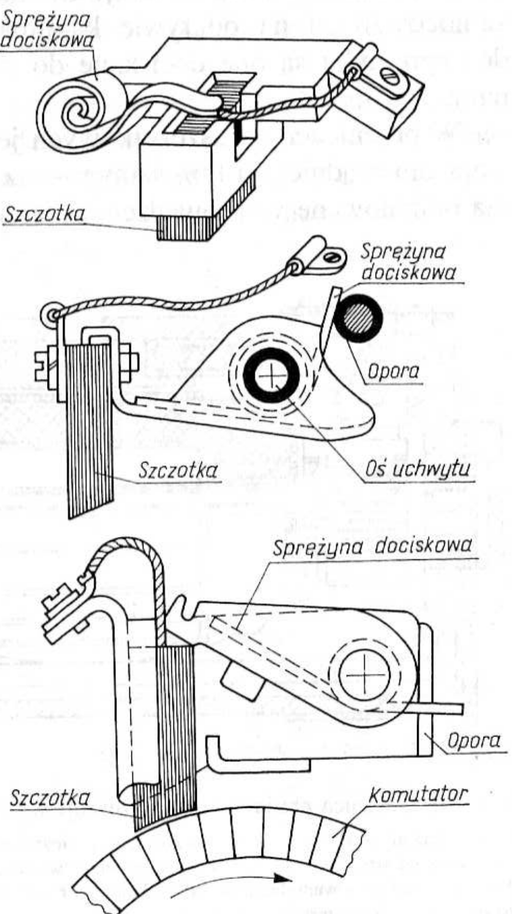
Rys. 8.2. Główne części składowe prądnicy wg [15]

Nabiegunniki — wykonane z miękkiej stali — są umocowane wewnątrz stojana. W prądnicy samochodowej instaluje się dwa lub cztery nabiegunniki.

Uzwojenie wzbudzenia — wykonane z izolowanego drutu miedzianego — jest nałożone na nabiegunniki i razem z nimi tworzy elektromagnesy. Płynący w nich prąd wytwarza (wzbudza) w nabiegunnikach pole magnetyczne. Uzwojenie wzbudzenia jest połączone równolegle z uzwojeniem twornika.

Twornik prądnicy składa się z wirnika, uzwojenia i komutatora.

Rdzeń wirnika (twornika) ma kształt walca. Jest on wykonany z pakietu blach z miękkiej stali, wprasowanych w wałek, który obraca się w łożyskach tocznych, umieszczonych w pokrywach prądnicy.



Rys. 8.3. Trzymadła szczotkowe wg [1]: *a*) skrzynkowe; *b*) dźwigowe; *c*) oprawkowe

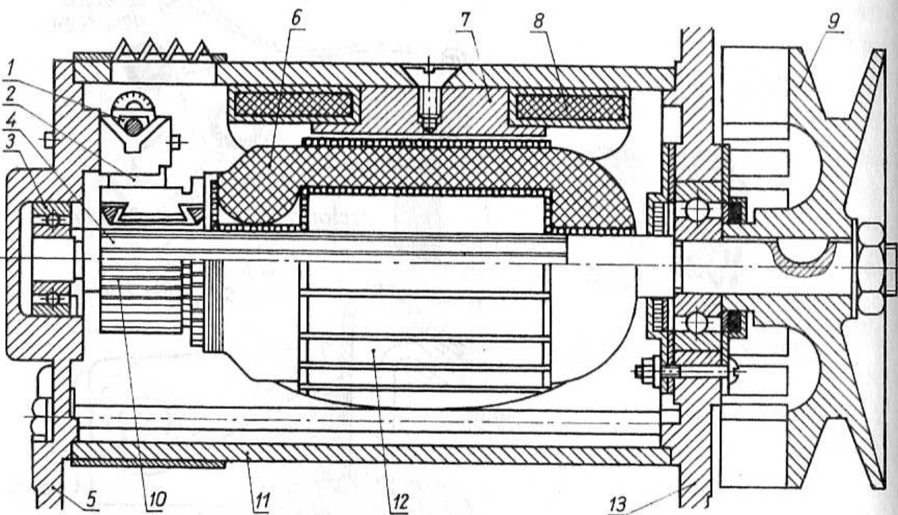
Wzdłuż powierzchni obwodowej wirnika są wycięte żłobki, w których jest umieszczone uzwojenie twornika.

Uzwojenie twornika jest wykonane z izolowanego drutu miedzianego. Końce poszczególnych sekcji uzwojenia są zamocowane do odpowiednich wycinków komutatora.

Komutator — umieszczony na końcu wałka twornika — składa się z wycinków miedzianych, odizolowanych od siebie i od wałka twornika. Do powierzchni komutatora przylegają dwie lub cztery szczotki. Na drugim końcu twornika jest osadzone koło pasowe prądnicy, zwykle wyposażone w skośne łopatki, stanowiące wentylator chłodzący prądnicę.

Szczotki — wykonane z grafitu w kształcie klocków — są umieszczone w różnego rodzaju trzymadłach szczotkowych (rys. 8.3), zamocowanych na pokrywie kadłuba prądnicy. W celu uzyskania dobrego styku są one dociskane do powierzchni komutatora sprężynami.

W prądnicach dwuszczotkowych jedna szczotka jest połączona ze stojanem prądnicy, a tym samym — z masą pojazdu. Druga szczotka ma odizolowane wyprowadzenie i stanowi czynny biegun prądnicy.



Rys. 8.4. Prądnica prądu stałego (przekrój) wg [12]

1 — przyrząd szczotkowy, *2* — szczotka, *3* — łożysko, *4* — wał twornika (wirnika), *5* — tarcza łożyskowa od strony komutatora, *6* — uzwojenie twornika, *7* — biegun, *8* — uzwojenie wzbudzenia, *9* — koło pasowe z wentylatorem, *10* — komutator, *11* — jarzmo, *12* — rdzeń twornika, *13* — tarcza łożyskowa od strony napędu

W prądnicach czteroszczotkowych jedna para szczotek jest połączona z masą, a druga stanowi biegun czynny.

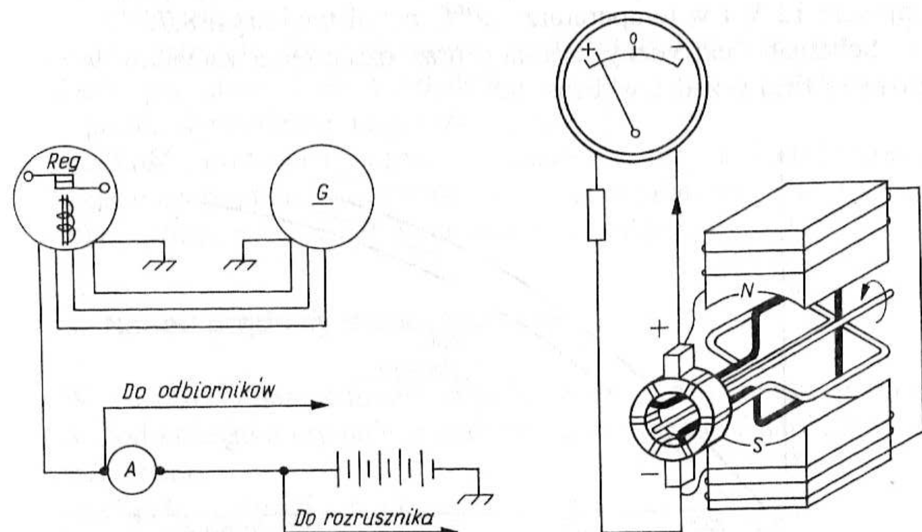
Przekrój prądnicy samochodowej przedstawia rys. 8.4.

8.2. Zasada działania prądnicy samochodowej

Prądnica samochodowa jest samowzbudną maszyną prądu stałego z bocznikowym uzwojeniem wzbudzenia. Prądnica wraz z akumulatorem, regulatorem, amperomierzem lub lampką kontrolną i przewodami łączącymi tworzą obwód zasilania (rys. 8.5).

Prądnica samochodowa to prądnica prądu stałego, w której magnes trwały zastąpiono elektromagnesem (rys. 8.6). Uzwojenie elektromagnesu jest podłączone równolegle do szczotek, tzn. jest zasilane napięciem twornika.

Prądnica jest napędzana wałem korbowym silnika za pośrednictwem przekładni pasowej. Podczas pracy silnika twornik prądnicy obraca się w polu magnetycznym, wytwarzanym przez elektromagnes stojana. Uzwojenie twornika przecina wtedy strumień magnetyczny, dzięki czemu indukuje się siła elektromotoryczna, która powoduje



Rys. 8.5. Schemat obwodu zasilania z prądnicą samochodową wg [1]

Rys. 8.6. Zasada działania prądnicy prądu stałego wg [15]

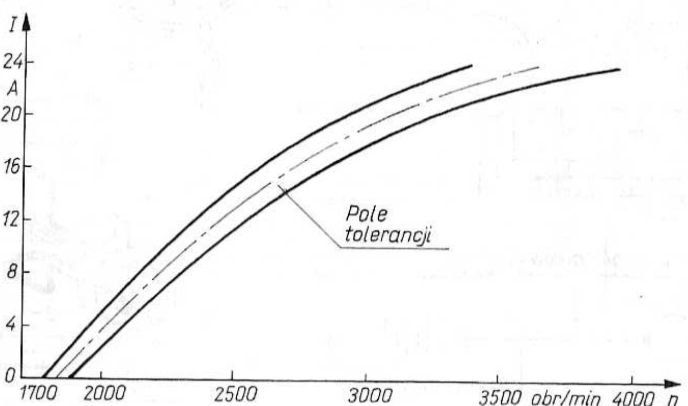
przepływ prądu przez komutator i ślizgające się po nim szczotki do uzwojeń elektromagnesów stojana prądnicy, to znaczy do uzwojeń wzbudzenia.

Prąd płynący przez uzwojenia wzbudzenia magnesuje dodatkowo nabiegunniki, co powoduje wzmocnienie wzbudzonego przez nie pola magnetycznego, a więc wzmocnienie prądu indukowanego w uzwojeniach twornika. Trwa to do czasu całkowitego nasycenia magnetycznego nabiegunników. Od tego czasu napięcie na zaciskach prądnicy zależy wyłącznie od prędkości obrotowej twornika prądnicy.

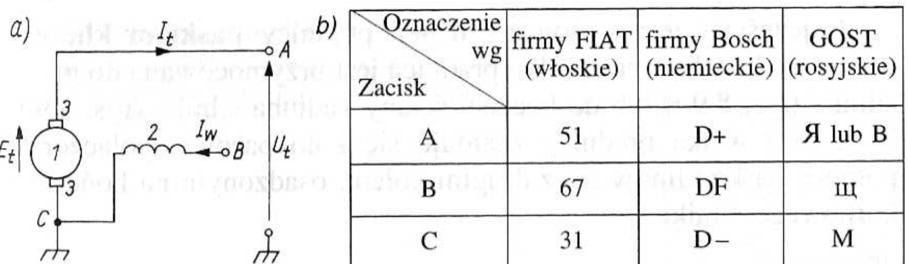
Gdy twornik prądnicy nie obraca się i prądnica nie wytwarza prądu, wówczas jej bieguny magnetyczne dają pole magnetyczne szczątkowe. Magnetyzm szczątkowy jest pozostałością prądu, który przepływał przez uzwojenie elektromagnesów. Pole magnetyczne szczątkowe wystarcza do wytworzenia niewielkiego napięcia w uzwojeniach twornika, obracającego się podczas wzbudzania prądnicy. Pod wpływem tego napięcia przez uzwojenia elektromagnesów zaczyna płynąć prąd, który wzmacnia pole magnetyczne. Wzrasta więc napięcie prądnicy, co z kolei powoduje dalsze zwiększenie prądu wzbudzenia aż do ustalenia się pewnego stanu, w którym prądnica wytwarza napięcie znamionowe.

Charakterystykę prądową prądnicy samochodowej przy stałym napięciu 12 V i w temperaturze 20°C przedstawia rys. 8.7.

Schemat elektryczny prądnicy oraz oznaczenia zacisków według różnych firm przedstawia rys. 8.8.



Rys. 8.7. Charakterystyka prądowa prądnicy przy stałym napięciu 12 V i w temperaturze 20°C wg [10]



Zacisk \ Oznaczenie wg	firmy FIAT (włoskie)	firmy Bosch (niemieckie)	GOST (rosyjskie)
A	51	D+	Я lub B
B	67	DF	Ш
C	31	D−	M

Rys. 8.8. Schemat prądnicy samochodowej (*a*) oraz oznaczenia zacisków wg różnych firm (*b*) wg [8]

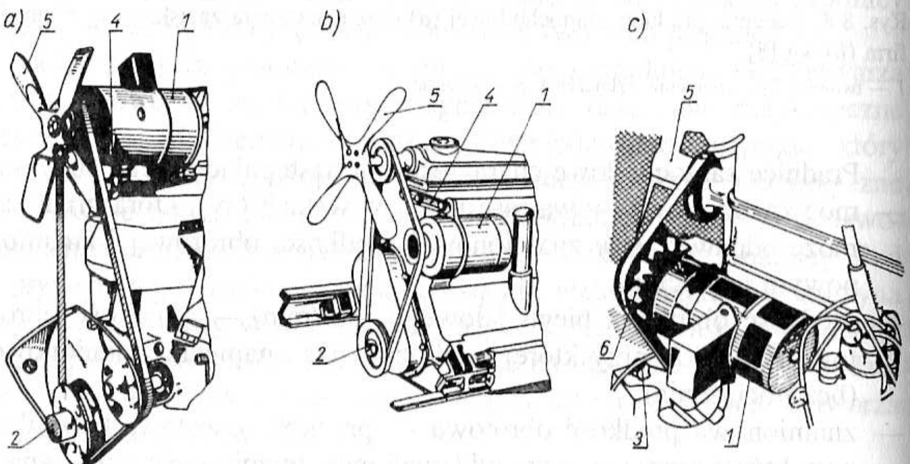
1 — twornik, *2* — uzwojenie wzbudzenia, *3* — szczotki

Prądnice samochodowe charakteryzują następujące parametry:
- moc znamionowa — wartość mocy w watach (W), którą prądnica może oddawać przy znamionowej prędkości obrotowej i znamionowym napięciu;
- prędkość obrotowa biegu jałowego (obr/min) — prędkość obrotowa twornika, przy której prądnica osiąga napięcie znamionowe (bez obciążenia);
- znamionowa prędkość obrotowa — prędkość obrotowa twornika, przy której prądnica może oddawać moc znamionową przy napięciu znamionowym;
- maksymalna prędkość obrotowa — prędkość, której prądnica nie może przekroczyć ze względu na wytrzymałość szczotek, naprężenia dynamiczne, nagrzewanie itp.;
- prędkość obrotowa włączenia — prędkość, przy której następuje włączenie prądnicy do współpracy z akumulatorem (od 100 do 200 obr/min większa od prędkości biegu jałowego).

8.2.3. Napęd prądnicy samochodowej

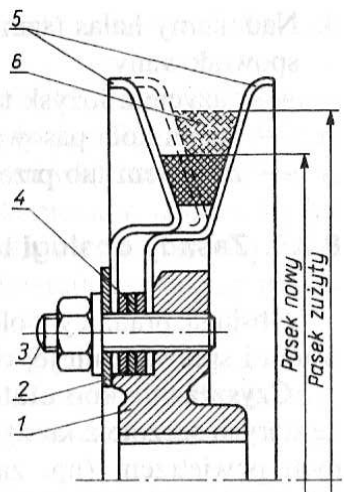
W większości samochodów prądnica jest umieszczona w pobliżu silnika, od którego otrzymuje napęd. Prądnica może być napędzana za pośrednictwem:
- przekładni pasowej z paskiem klinowym,
- przekładni łańcuchowej,
- przekładni zębatej,
- bezpośrednio wałem silnika.

Najczęściej jest stosowany napęd prądnicy **paskiem klinowym** (rys. 8.9). W takim przypadku prądnica jest przymocowana do głowicy silnika (rys. 8.9*a*) lub do bocznej ściany kadłuba silnika (rys. 8.9*b,c*). Na końcu wałka prądnicy znajduje się koło pasowe, połączone za pomocą paska klinowego z drugim kołem, osadzonym na końcu wału korbowego silnika.



Rys. 8.9. Zamocowanie i chłodzenie prądnic napędzanych paskiem klinowym wg [9]
1 — prądnica, *2* — zakończenie wału korbowego silnika, *3* — śruba mimośrodkowa, *4* — ramię przesuwne, *5* — wentylator, *6* — łopatki chłodzące

Pasek klinowy zwykle napędza jednocześnie prądnicę, pompę wodną i wentylator chłodnicy. Wymiary pasków klinowych są znormalizowane. Zalety przekładni pasowej to: niski koszt, cichobieżność, wyrównywanie (poślizgiem) gwałtownych zmian prędkości obrotowej, co korzystnie wpływa na trwałość łożysk prądnicy. Ponadto koło klinowe wałka prądnicy wykorzystuje się na ogół do chłodzenia powietrznego przez osadzenie na nim łopatek wentylatora (rys. 8.9*c*). Naciąg paska klinowego reguluje się przez zmianę położenia kadłuba prądnicy względem silnika, za pomocą napinacza paska (regulacja przesuwna — rys. 8.9*a*) albo za pomocą mimośrodu (regulacja mimośrodowa — rys. 8.9*c*). Stosuje się też regulację naciągu paska klinowego za pomocą zmiany średnicy koła pasowego prądnicy (np. w samochodzie Polski Fiat 126p — rys. 8.10).



Rys. 8.10. Koło pasowe prądnicy wg [10]
1 — piasta, *2* — podkładka zewnętrzna, *3* — śruba dwustronna, *4* — podkładki redukcyjne, *5* — dzielone koło pasowe, *6* — pasek klinowy

8.2.4. Przyczyny typowych usterek prądnic prądu stałego

Najczęściej spotykane usterki prądnic prądu stałego to:

1. Brak prądu ładowania w całym zakresie pracy silnika (lampka kontrolna świeci się cały czas). Prawdopodobne przyczyny to:
   — przerwa lub zwarcie w uzwojeniu twornika,
   — przerwa w przewodzie łączącym prądnicę z regulatorem,
   — zużyte szczotki lub uszkodzone sprężyny dociskowe,
   — zanieczyszczone (zaolejone) powierzchnie styku szczotki (komutator),
   — zerwany lub zbyt luźny pasek klinowy.
2. Nadmierny prąd ładowania akumulatora, spowodowany zwarciem przewodów dołączonych do zacisków uzwojenia wzbudzenia twornika i regulatora.
3. Zbyt mały i niestabilny prąd ładowania (lampka kontrolna migocze lub gaśnie). Prawdopodobne przyczyny to:
   — mały docisk szczotek (iskrzenie szczotek),
   — zużycie komutatora (izolacja międzywycinkowa wystaje ponad powierzchnię komutatora),
   — luźny pasek klinowy,
   — uszkodzony kondensator przeciwzakłóceniowy.

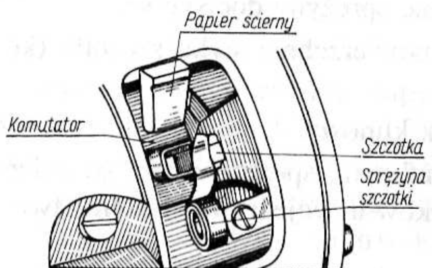
4. Nadmierny hałas (szum i stuki) podczas pracy prądnicy może być spowodowany:
— zużyciem łożysk twornika,
— luzem koła pasowego,
— zwarciem lub przerwą w uzwojeniu stojana.

8.2.5. Zasady obsługi technicznej prądnic

Obsługa prądnicy polega na utrzymaniu jej w czystości, smarowaniu i sprawdzaniu jej części.

Czyszczenie komutatora. Drobne zanieczyszczenia (pył węglowy ze starych szczotek, kurz) usuwa się przedmuchując komutator sprężonym powietrzem (np. za pomocą pompki do kół), po uprzednim zdjęciu opaski metalowej zakrywającej „okna” w kadłubie prądnicy. Większe zanieczyszczenia zbiera się szmatką zwilżoną naftą, obracając prądnicę ręką. Szmatkę należy dociskać do obracającego się komutatora drewnianym klockiem, takiej samej szerokości jak komutator. Do czyszczenia komutatora nie wolno używać benzyny, ponieważ może to spowodować pożar w przypadku iskrzenia komutatora.

Stosuje się też szlifowanie komutatora. W tym celu przyciska się do niego drewniany klocek obłożony drobnoziarnistym papierem ściernym (rys. 8.11).



Rys. 8.11. Sposób czyszczenia komutatora prądnicy wg [1]

Po oczyszczeniu należy komutator dokładnie przedmuchać sprężonym powietrzem.

Czysty i prawidłowo pracujący ma barwę czerwonobrązową.

Sprawdzanie szczotek. Co 3000 do 6000 km przebiegu należy sprawdzić, czy szczotki są odpowiednio długie i mocno dociśnięte do komutatora oraz czy swobodnie poruszają się w trzymadłach. Szczotki

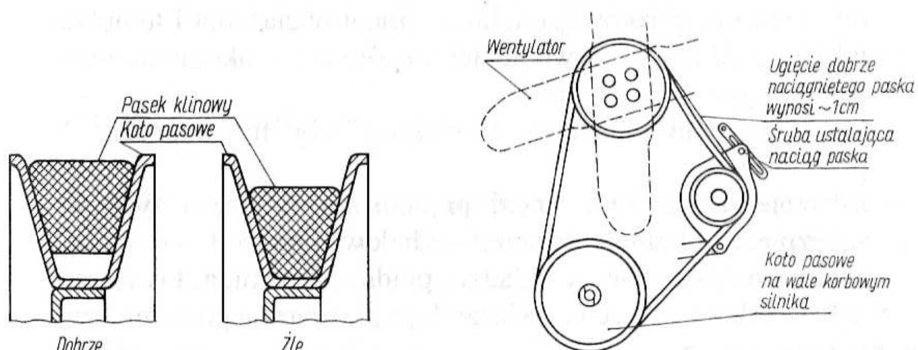
zużyte (krótkie) należy wymienić na nowe. Należy stosować szczotki o twardości zalecanej przez wytwórcę.

Docieranie nowych szczotek. Nowe szczotki należy tak dopasować, aby całą powierzchnią czołową przylegały do komutatora. W tym celu komutator należy owinąć papierem ściernym, stroną ścierną na zewnątrz. Po założeniu szczotek, obracając komutator, dociera się ich płaszczyzny czołowe, aż powierzchnia szczotki będzie dobrze przylegała (minimum 80%) do komutatora. Po dotarciu komutator należy dokładnie oczyścić.

Czyszczenie szczotek i ich trzymadeł. Zacinające się szczotki trzeba wyjąć z trzymadeł, a następnie szczotki oraz trzymadła przemyć benzyną (nieetylizowaną). Po oczyszczeniu i osuszeniu należy włożyć szczotki do trzymadeł.

Sprawdzanie sprężyn dociskających szczotki. Zbyt mały docisk szczotek powoduje nierównomierność napięcia prądnicy, iskrzenie, a w konsekwencji — opalanie szczotek i komutatora oraz wzrost poziomu zakłóceń radioelektrycznych. Zbyt mocno dociśnięte szczotki szybko się zużywają i powodują przegrzanie komutatora, o czym świadczy niebieski nalot na nim. Docisk szczotek sprawdza się dynamometrem; powinien być zgodny z instrukcją obsługi prądnicy. Osłabione lub pęknięte sprężyny należy wymienić na nowe (właściwe dla danej prądnicy).

Sprawdzanie i regulacja naciągu paska klinowego prądnicy. Prawidłowo dobrany pasek klinowy powinien opierać się na bocznych ściankach rowka koła pasowego, a nie na jego dnie (rys. 8.12). Pasek



Rys. 8.12. Ułożenie paska klinowego na kole pasowym wg [1]

Rys. 8.13. Sposób sprawdzania naciągu paska klinowego wg [1]

powinien być czysty i suchy. W przypadku zatłuszczenia należy pasek i koło pasowe przetrzeć szmatką zwilżoną benzyną (nieetylizowaną).

Pasek powinien być tak naciągnięty, aby po przyciśnięciu go palcem między kołem pasowym prądnicy a silnikiem, uginał się nie więcej niż o 10 do 15 mm (rys. 8.13). Zbyt mocno naciągnięty pasek ściera się i wyciąga. Może też zniszczyć łożyska prądnicy. Pasek zbyt luźny nie napędza prądnicy (ślizga się), może spaść z kół pasowych i zniszczyć np. elementy wentylatora.

Smarowanie prądnicy. Wałek twornika prądnicy często ma łożyska toczne, które smaruje się co około 15 000 km przebiegu samochodu. W tym celu należy prądnicę rozebrać, benzyną nieetylizowaną przemyć łożyska i tarcze łożyskowe. Po osuszeniu łożyska należy napełnić smarem i złożyć.

Prądnice z łożyskami ślizgowymi smaruje się podczas każdej pierwszej obsługi technicznej (OT-1), wpuszczając do smarowniczek po kilka kropli oleju.

8.2.6. Regulatory prądnic prądu stałego

Wiadomości ogólne

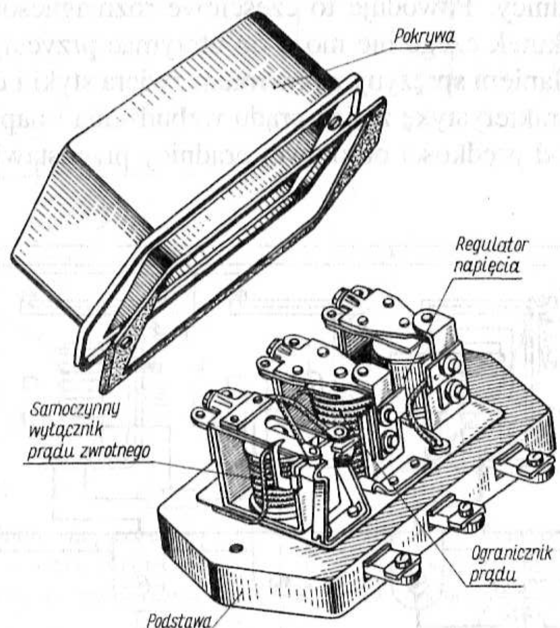
Regulator w układzie prądnicy samochodowej spełnia następujące funkcje:
— utrzymuje napięcie na zaciskach prądnicy w stałym zakresie, aby nie zmieniało się w zbyt szerokich granicach, tzn. było niezależne od prędkości obrotowej prądnicy, prądu obciążenia i temperatury;
— włącza prądnicę do równoległej współpracy z akumulatorem, gdy napięcie jest odpowiednie;
— ogranicza prąd pobierany z prądnicy, aby nie dopuścić do jej przeciążenia;
— zabezpiecza prądnicę przed prądem zwrotnym, a tym samym zabezpiecza akumulator przed rozładowaniem.

Zadania regulatorów w układzie prądnicy spełniają takie urządzenia, jak: regulator napięcia, wyłącznik prądu zwrotnego (samoczynny), ogranicznik prądu.

Istnieje wiele odmian regulatorów, różniących się między sobą:
— wielkością (wielko i małogabarytowe);

— charakterystyką regulacji napięcia (regulacja sztywna lub elastyczna);
— stopniami regulacji (jedno-, dwu- i wielostopniowe);
— technologią — wibracyjne (elektromechaniczne) i niewibracyjne (elektroniczne);
— liczbą rdzeni (trzy-, dwu- i jednordzeniowe).

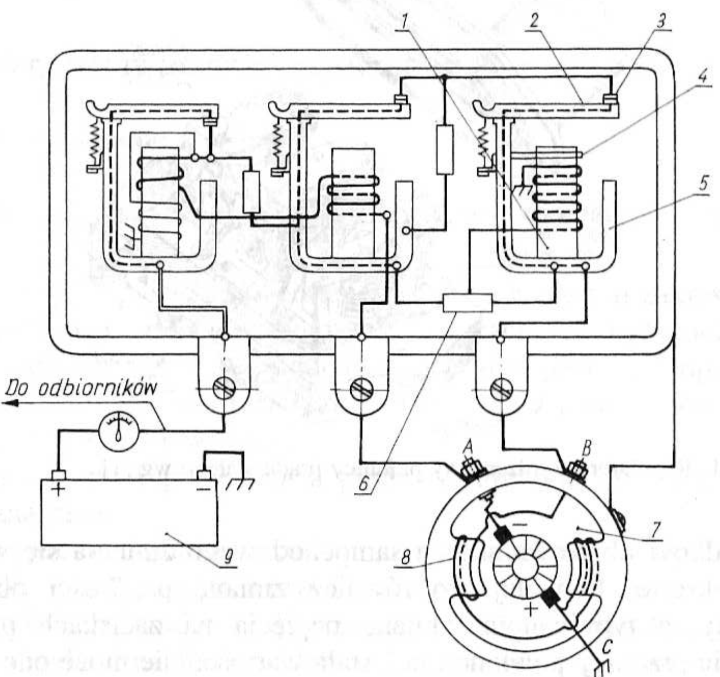
Regulator trzyrdzeniowy (rys. 8.14) składa się z:
— regulatora napięcia,
— ogranicznika prądu,
— wyłącznika prądu zwrotnego.



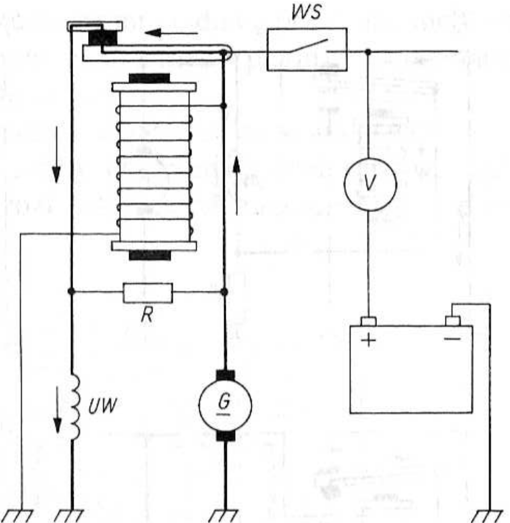
Rys. 8.14. Regulator trzyrdzeniowy prądnicy prądu stałego wg [1]

Prędkość obrotowa silnika samochodowego zmienia się w szerokim zakresie. Powoduje to również zmianę prędkości obrotowej prądnicy, a tym samym zmianę napięcia na zaciskach prądnicy. Napięcie prądnicy powinno mieć stałą wartość. Nie może ono być ani zbyt małe, gdyż odbiorniki pracowałyby nieprawidłowo, ani zbyt duże, gdyż odbiorniki mogłyby ulec uszkodzeniu, a akumulator szkodliwemu przeładowaniu.

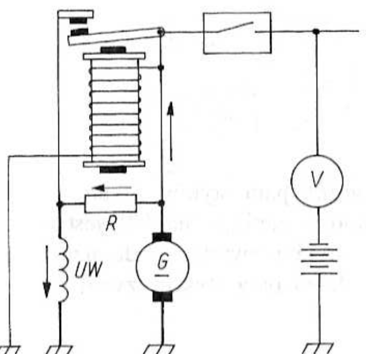
Jednostopniowy wibracyjny regulator napięcia (rys. 8.15) składa się z jarzma, zwory magnetycznej ze sprężyną, dwóch styków, rdzenia z uzwojeniem włączonym równolegle do uzwojeń twornika i rezystorów. Dopóki napięcie prądnicy jest mniejsze od znamionowego, dopóty styki są zwarte (dzięki sprężynie) i prąd płynie do uzwojenia wzbudzenia prądnicy, omijając rezystory (rys. 8.16). Gdy napięcie przekroczy dopuszczalną wartość, wówczas rdzeń regulatora przyciąga zworę, co powoduje rozwarcie styków. Z chwilą rozwarcia styków prąd płynie do uzwojenia wzbudzenia prądnicy przez rezystor (rys. 8.17), wskutek czego zmniejsza się jego wartość, słabnie pole magnetyczne wzbudzane przez bieguny stojana i tym samym zmniejsza napięcie na zaciskach prądnicy. Powoduje to częściowe rozmagnesowanie rdzenia regulatora, wskutek czego nie może on utrzymać przyciągniętej zwory, która pod działaniem sprężyny z powrotem zwiera styki i cały proces się powtarza. Charakterystykę zmian prądu wzbudzenia i napięcia prądnicy w zależności od prędkości obrotowej prądnicy przedstawia rys. 8.18.



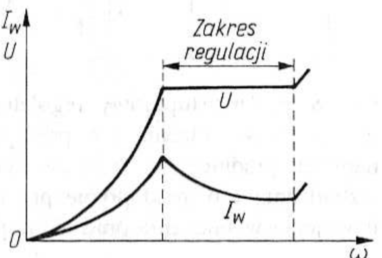
Rys. 8.15. Budowa wibracyjnego regulatora napięcia wg [1]
1 — rdzeń, *2* — zwora magnetyczna, *3* — styki, *4* — bocznik magnetyczny, *5* — jarzmo, *6* — rezystory, *7* — prądnica, *8* — uzwojenie wzbudzenia, *9* — akumulator



Rys. 8.16. Regulator napięcia — styki zwarte — prąd płynie do uzwojenia wzbudzenia bezpośrednio przez styki wg [23]
UW — uzwojenie wzbudzenia, *R* — rezystor, *WS* — wyłącznik samoczynny prądu zwrotnego, *G* — prądnica prądu stałego



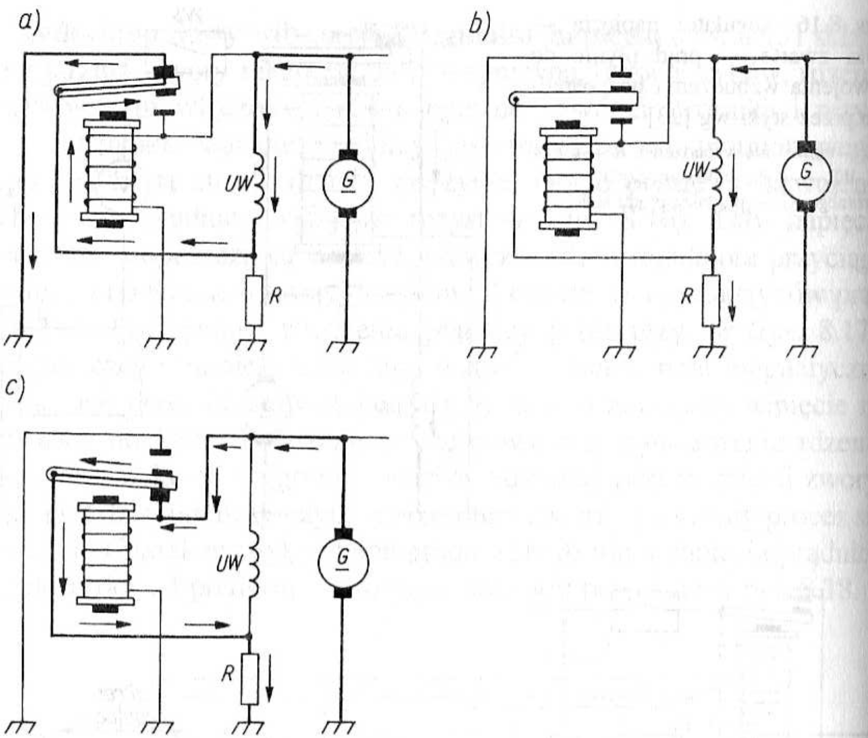
Rys. 8.17. Regulator napięcia — styki rozwarte — prąd płynie do uzwojenia wzbudzenia przez rezystor wg [23]



Rys. 8.18. Charakterystyka zmian prądu wzbudzenia i napięcia regulatora jednostopniowego wg [22]

Dwustopniowy wibracyjny regulator napięcia ma trzy styki — jeden ruchomy i dwa nieruchome. Pozostałe elementy układu są takie same, jak w regulatorze jednostopniowym.

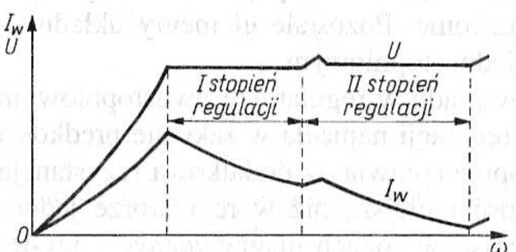
Zasadę działania i przepływ prądu w regulatorze dwustopniowym przedstawia rys. 8.19. Podział regulacji napięcia w zakresie prędkości obrotowej prądnicy na dwa stopnie sprawia, iż dodatkowa rezystancja obwodu wzbudzenia ma wartość mniejszą niż w regulatorze jednostopniowym. Stany przejściowe w obwodach magnetycznych, wystę-



Rys. 8.19. Dwustopniowy regulator napięcia: *a*) górna para styków zwarta — do uzwojenia wzbudzenia *UW* prąd płynie bezpośrednio, a napięcie na *UW* jest równe napięciu prądnicy; *b*) środkowe położenie zwory, styki rozwarte — do uzwojenia wzbudzenia *UW* prąd płynie przez rezystor *R*; *c*) dolna para styków zwarta — do uzwojenia wzbudzenia prąd nie dopływa wg [23]

pujące podczas zwierania i rozwierania styków, przebiegają łagodniej. Siły elektromotoryczne w uzbrojeniach wzbudzenia są mniejsze i nie powodują iskrzenia styków ani ich wypalania.

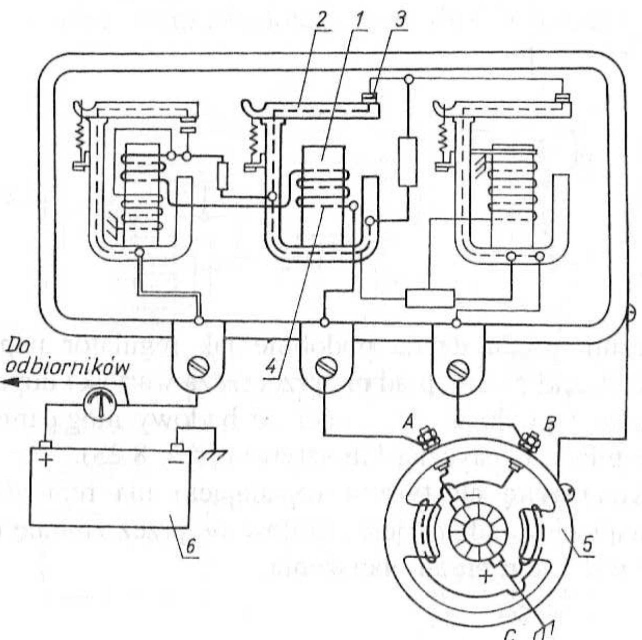
Charakterystykę zmian prądu wzbudzenia i napięcia prądnicy w zależności od prędkości obrotowej prądnicy przedstawia rys. 8.20.



Rys. 8.20. Charakterystyka zmian prądu wzbudzenia i napięcia regulatora dwustopniowego [22]

Ogranicznik prądu (rys. 8.21) chroni prądnicę przed nadmiernym obciążeniem, tzn. przed poborem nadmiernego prądu, a akumulator — przed ładowaniem nadmiernym prądem.

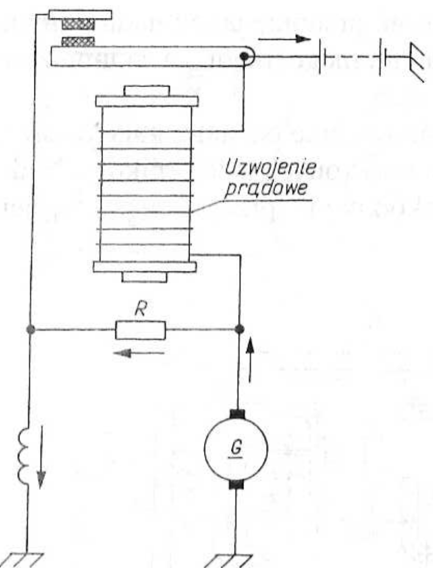
Wartość prądu prądnicy zmienia się zależnie od stanu naładowania akumulatora i obciążenia, tzn. liczby włączonych odbiorników. Nadmierne obciążenie prądnicy grozi szkodliwym przegrzaniem się jej uzwojeń.



Rys. 8.21. Budowa ogranicznika prądu wg [1]

1 — rdzeń, *2* — zwora magnetyczna, *3* — styki, *4* — uzwojenie prądowe, *5* — prądnica, *6* — akumulator

Ogranicznik prądu jest zbudowany podobnie jak regulator napięcia. Ma on tylko jedno uzwojenie — prądowe — wykonane z grubego drutu, szeregowo włączone do obwodu (rys. 8.22). Gdy prąd przekracza wartość dopuszczalną, wówczas rdzeń ogranicznika przyciąga zworę i powoduje rozwarcie styków. Po rozwarciu styków prąd płynie do uzwojenia wzbudzenia prądnicy przez rezystor *R*, co osłabia pole elektromagnetyczne prądnicy. Obniża się więc napięcie prądnicy, co powoduje malenie prądu wytwarzanego przez prądnicę i zwarcie styków ogranicznika.

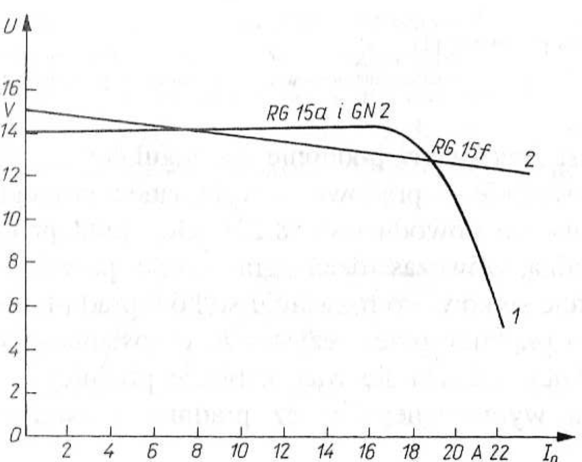


Rys. 8.22. Schemat elektryczny ogranicznika prądu wg [5]

Ogranicznik prądu działa podobnie jak regulator napięcia, tzn. wibracyjnie, dzięki czemu prąd nie przekracza wartości dopuszczalnej.

Ograniczniki prądu w zależności od budowy mogą mieć charakterystykę regulacji elastyczną lub sztywną (rys. 8.23).

Charakterystykę elastyczną (opadającą) ma regulator RG15f, w którym napięcie prądnicy jest regulowane przez zmianę obciążenia i maleje ze wzrostem prądu obciążenia.

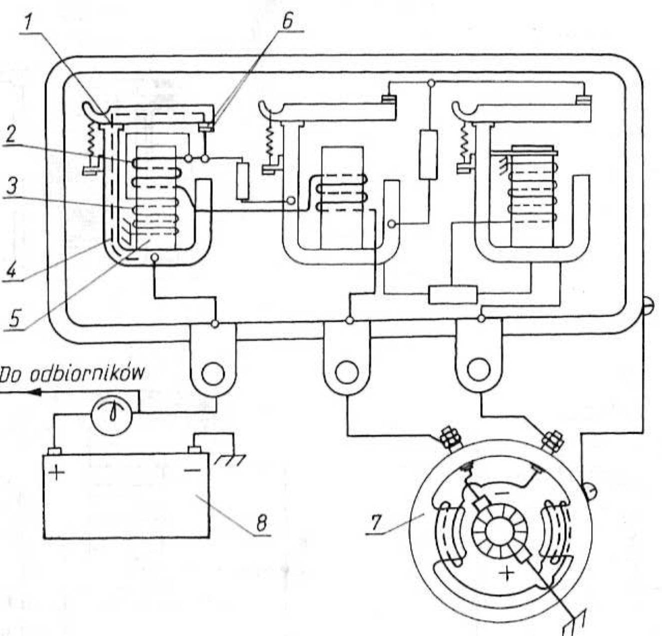


Rys. 8.23. Charakterystyki regulacji wg [12]

1 — sztywna charakterystyka regulatorów RG15a i GN2, *2* — elastyczna charakterystyka regulatora RG15f

Charakterystykę sztywną mają regulatory RG15a i GN2. Nie zależy ona od obciążenia prądnicy (w zakresie od biegu jałowego do obciążenia znamionowego). Po przekroczeniu obciążenia znamionowego charakterystyka zdecydowanie opada.

Samoczynny wyłącznik prądu zwrotnego (rys. 8.24) składa się z jarzma, zwory magnetycznej ze sprężyną, rdzenia z dwoma uzwojeniami: prądowym (grubym) — włączonym szeregowo i napięciowym (cienkim) — włączonym równolegle oraz dwóch styków.

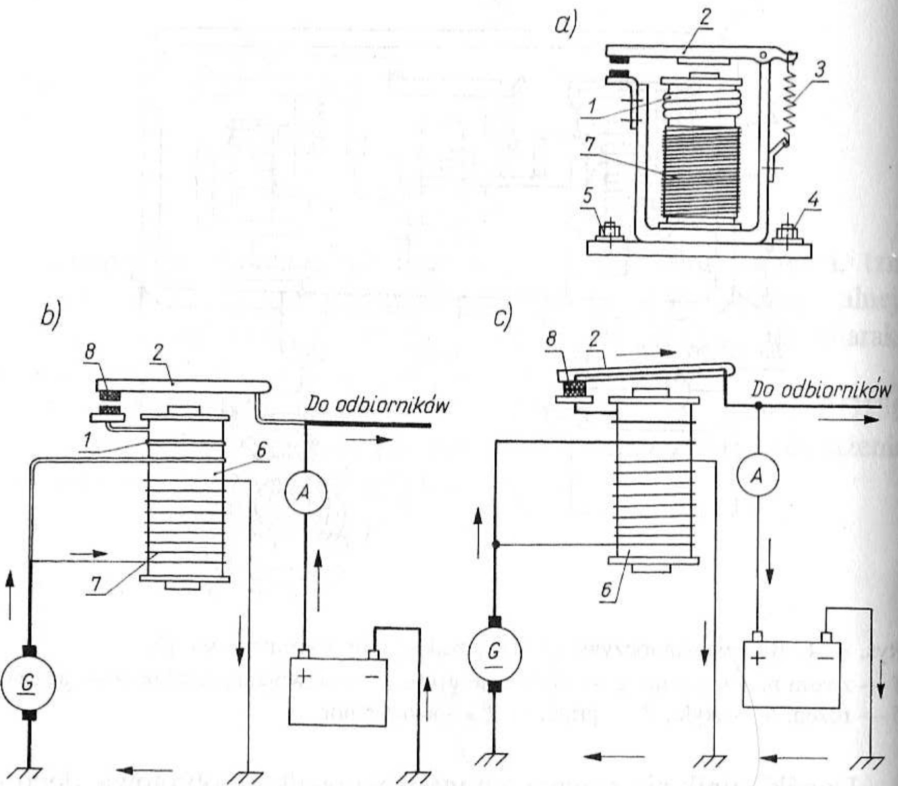


Rys. 8.24. Budowa samoczynnego wyłącznika prądu zwrotnego wg [1]
1 — zwora magnetyczna, *2* — uzwojenie grube, *3* — uzwojenie cienkie, *4* — jarzmo, *5* — rdzeń, *6* — styki, *7* — prądnica, *8* — akumulator

Dopóki silnik nie pracuje lub ma małą prędkość obrotową, dopóty prądnica nie może być włączona w obwód, ponieważ jej napięcie jest mniejsze od napięcia akumulatora. Gdyby nie było wyłącznika i prądnica włączyłaby się w obwód, to przez uzwojenie jej twornika popłynąłby prąd z akumulatora. Prąd ten niepotrzebnie rozładowywałby akumulator. Mogłoby też nastąpić spalenie uzwojeń twornika prądnicy. Gdy na skutek zwiększenia prędkości obrotowej silnika

napięcia prądnicy przekroczy napięcie akumulatora, wówczas samoczynny wyłącznik włącza prądnicę w obwód, aby zasilała odbiorniki i ładowała akumulator.

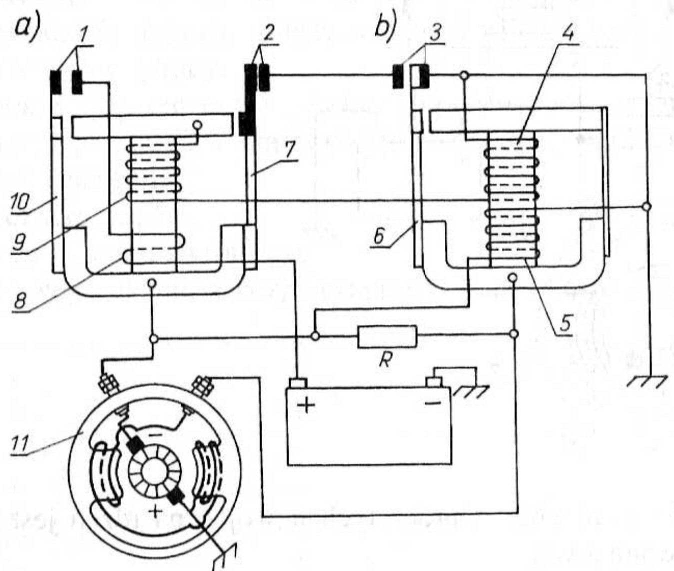
Gdy prądnica nie pracuje lub jej napięcie jest mniejsze od napięcia akumulatora, sprężyna odciąga zworę i styki pozostają rozwarte, wówczas odbiorniki są zasilane z akumulatora. Jeżeli napięcie prądnicy przekroczy wartość napięcia akumulatora, to prąd płynący przez uzwojenie cienkie magnesuje rdzeń, który przyciąga zworę i zwiera styki, włączając w ten sposób (rys. 8.25*c*) prądnicę do obwodu. Gdy



Rys. 8.25. Samoczynny wyłącznik prądu zwrotnego (wyłącznik prądnicy) wg [15]: *a*) schemat ogólny; *b*) wyłącznik przy małej prędkości obrotowej silnika — styki jeszcze rozwarte, amperomierz wskazuje rozładowanie akumulatora; *c*) wyłącznik przy większej prędkości obrotowej silnika podczas normalnej pracy prądnicy — styki zwarte, prąd płynie z prądnicy do akumulatora, amperomierz wskazuje ładowanie

1 — uzwojenie prądowe, *2* — zwora, *3* — sprężyna zwory, *4* — zacisk akumulatora, *5* — zacisk prądnicy, *6* — rdzeń, *7* — uzwojenie napięciowe, *8* — styki

napięcie prądnicy spadnie poniżej napięcia akumulatora, wówczas z akumulatora popłynie prąd zwrotny — przez uzwojenie twornika prądnicy i przez uzwojenie grube rdzenia wyłącznika samoczynnego. Ponieważ uzwojenie to jest nawinięte odwrotnie niż uzwojenie cienkie, więc rdzeń zostanie natychmiast rozmagnesowany, sprężyna odciągnie zworę, styki się rozewrą i prądnica zostanie wyłączona z obwodu (rys. 8.25*b*).

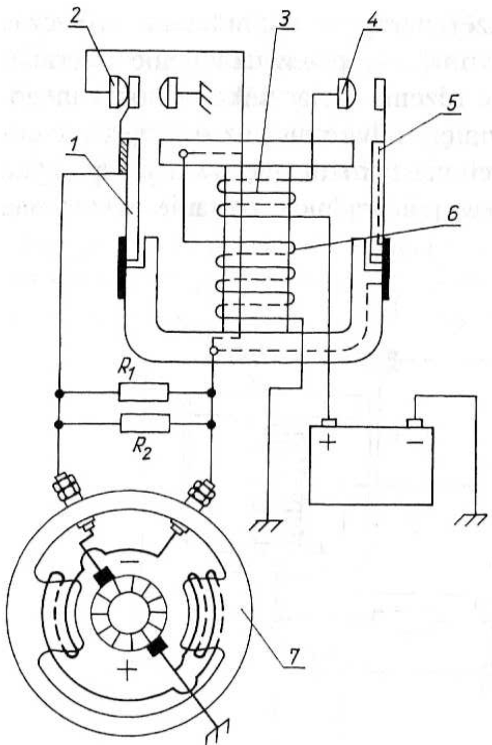


Rys. 8.26. Regulator prądnicy dwurdzeniowy wg [1]: *a*) regulator samoczynny z ogranicznikiem prądu; *b*) regulator napięcia

1 — styki samoczynnego wyłącznika, *2* — styki ogranicznika prądu, *3* — styki regulatora prądu, *4* — uzwojenie przyspieszające, *5* — uzwojenie główne, *6* — zwora regulatora napięcia, *7* — zwora ogranicznika, *8* — uzwojenie prądowe, *9* — uzwojenie napięciowe, *10* — zwora wyłącznika, *11* — prądnica

Regulator dwurdzeniowy (rys. 8.26) składa się z dwóch członów. Jeden człon stanowią wyłącznik samoczynny prądu zwrotnego i ogranicznik prądu, których uzwojenia są nawinięte na pierwszym rdzeniu. Drugi człon to regulator napięcia z dwoma uzwojeniami: uzwojeniem głównym i uzwojeniem przyspieszającym, nawiniętymi na drugim rdzeniu. Zasada działania jest taka sama jak regulatora trzyrdzeniowego.

Regulator jednordzeniowy składa się z wyłącznika prądu zwrotnego i regulatora napięcia (rys. 8.27), których uzwojenia są nawinięte



Rys. 8.27. Regulator prądnicy jednordzeniowy wg [1]

1 — zwora regulatora napięcia, *2* — styki regulatora napięcia, *3* — uzwojenie prądowe, *4* — styki wyłącznika, *5* — zwora samoczynnego wyłącznika, *6* — uzwojenie napięciowe, *7* — prądnica

na wspólnym rdzeniu. Oprócz tych uzwojeń na rdzeń jest nawinięte uzwojenie prądowe.

Ponieważ pola magnetyczne obu uzwojeń działają w tym samym kierunku, więc wraz ze wzrostem prądu maleje regulowane napięcie, dzięki czemu uzyskuje się elastyczną charakterystykę regulacji (patrz rys. 8.23).

Wyłącznik prądu zwrotnego i regulator napięcia regulatora jednordzeniowgo działają tak samo jak w regulatorze trzyrdzeniowym.

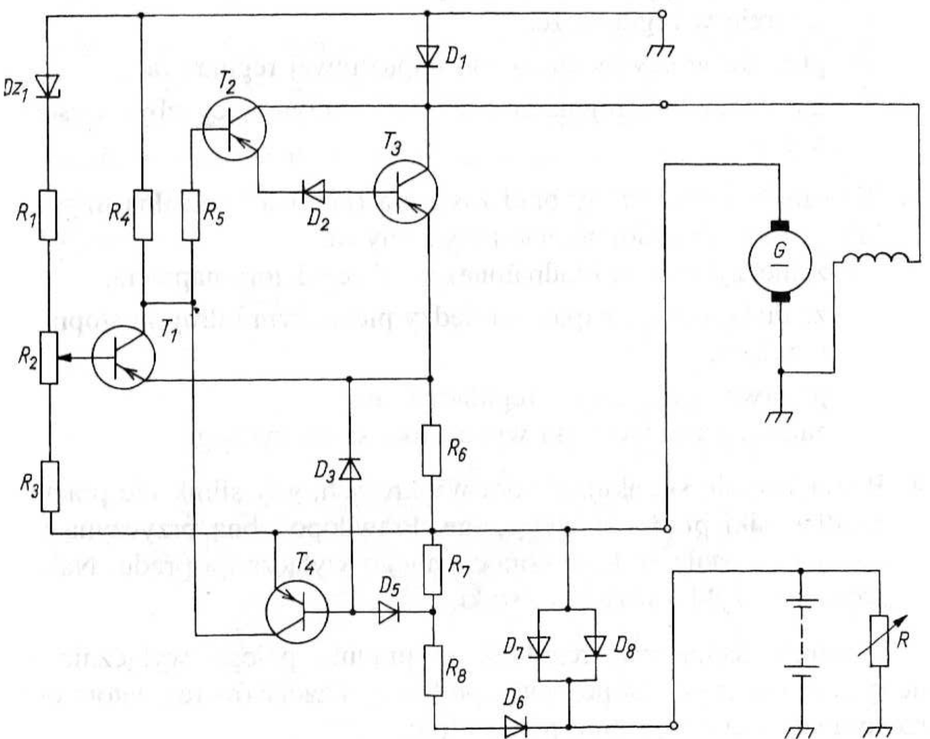
Regulator elektroniczny. Zastosowanie elementów półprzewodnikowych umożliwia istotną poprawę właściwości regulatorów prądnic. Regulator elektroniczny jest urządzeniem, w którym zostały wyeliminowane wszelkie styki mechaniczne i części ruchome. Nie uległa zmianie jedynie zasada regulacji, polegająca na wykorzystaniu prądu wzbudzenia prądnicy.

Do regulacji napięcia prądnic samochodowych stosuje się regulatory (układy) o działaniu ciągłym i impulsowym.

W **regulatorze o działaniu ciągłym** wzmacniacz prądu stałego powoduje zmianę prądu wzbudzenia w zależności od prędkości obrotowej i obciążenia prądnicy. Metoda ta zapewnia płynność regulacji (brak skoków napięcia regulowanego), lecz wymaga zastosowania tranzystorów dużej mocy, sterujących przepływem prądu.

W **regulatorze o działaniu impulsowym** element półprzewodnikowy — tranzystor — okresowo umożliwia przepływ prądu (impuls) przez uzwojenie wzbudzenia. Średnia wartość prądu wzbudzenia, zwana szerokością impulsu, zależy od chwilowej prędkości i chwilowego obciążenia prądnicy.

Rysunek 8.28 przedstawia schemat impulsowego regulatora elektronicznego prądnicy 12 V prądu stałego, składający się z:
— regulatora napięcia,
— ogranicznika prądu,
— wyłącznika prądu zwrotnego,
— dodatkowego układu zabezpieczającego tranzystor wykonawczy.



Rys. 8.28. Schemat elektronicznego regulatora napięcia prądnicy prądu stałego wg [22]

8.2.7. Typowe usterki regulatorów prądu stałego

Najczęściej spotykane usterki regulatorów prądnic prądu stałego to:

1. Brak prądu zasilania w całym zakresie pracy silnika (lampka kontrolna świeci się cały czas). Prawdopodobne przyczyny to:
   - — rozregulowany wyłącznik samoczynny (uszkodzone styki lub przerwa w obwodzie napięciowym wyłącznika),
   - — źle ustawiony regulator prądnicy, utrzymujący zbyt niskie napięcie,
   - — zwarcie zacisków twornika z masą,
   - — stała przerwa między stykami ogranicznika prądu (zanieczyszczenia),
   - — przerwa między stykami w pierwszym stopniu regulacji.
2. Nadmierny prąd zasilania (elektrolit w akumulatorze „intensywnie gazuje"). Prawdopodobne przyczyny to:
   - — zwarcie w regulatorze,
   - — przerwa w uzwojeniu cewki napięciowej regulatora,
   - — źle ustawiony regulator prądnicy, utrzymujący zbyt wysokie napięcie.
3. Zbyt mały i niestabilny prąd zasilania (lampka kontrolna migocze lub gaśnie). Prawdopodobne przyczyny to:
   - — zanieczyszczone (nadpalone) styki regulatora napięcia,
   - — za duża różnica napięcia między pierwszym i drugim stopniem regulacji,
   - — przerwa w rezystorze regulacyjnym,
   - — zanieczyszczone styki wyłącznika samoczynnego.
4. Rozładowanie się akumulatora w okresach, gdy silnik nie pracuje, a odbiorniki prądu są wyłączone. Prawdopodobną przyczyną jest zwarcie na stałe styków samoczynnego wyłącznika prądu. Należy wówczas szybko rozłączyć styki.

Obsługa techniczna regulatorów prądnic polega wyłącznie na utrzymaniu w czystości pokrywy, podstawy i zacisków regulatora oraz na sprawdzaniu dokręcenia przewodów.

8.3. Prądnice samochodowe prądu przemiennego — alternatory

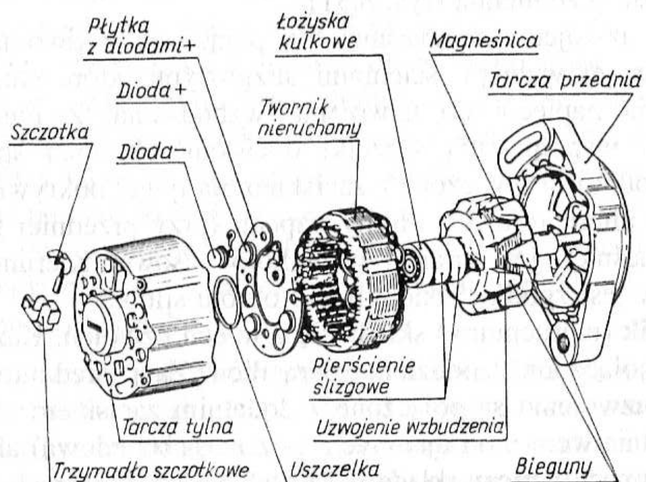
8.3.1. Budowa alternatora

We współczesnych pojazdach samochodowych zamiast prądnic prądu stałego stosuje się prądnice prądu przemiennego, zwane alternatorami.

Alternator to trójfazowa prądnica prądu przemiennego, w której wirnik jest magneśnicą, a stojan — twornikiem. W odróżnieniu od twornika prądu stałego twornik alternatora nie wiruje, lecz jest częścią korpusu maszyny. Rozróżnia się alternatory zestykowe i bezstykowe. W samochodach zwykle są stosowane alternatory zestykowe.

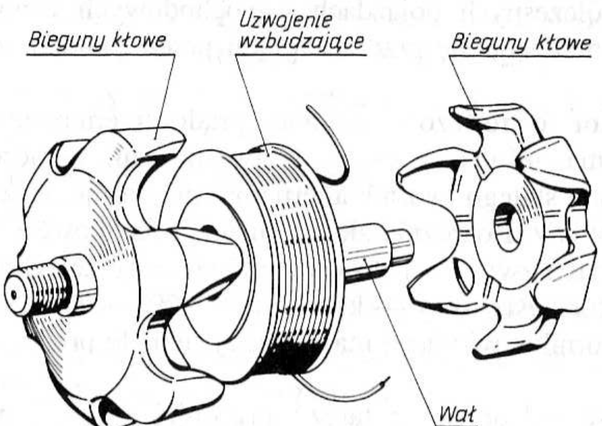
Alternator zestykowy — kłowy (rys. 8.29) — składa się z nieruchomego twornika, wirującej magneśnicy, układu prostującego i obudowy.

Obudowa składa się z tarczy przedniej i tylnej, połączonych śrubami. W obu tarczach są wykonane nadlewy, umożliwiające przymocowanie alternatora (za pomocą śrub) do wspornika. Przednia tarcza ma dodatkowy nadlew (po przeciwnej stronie), mocowany do wspornika napinacza paska klinowego. Dzięki takiemu umocowaniu alternator można odchylać w razie konieczności naciągnięcia paska klinowego.



Rys. 8.29. Części składowe alternatora samochodowego wg [1]

Magneśnica (wirnik) służy do wytwarzania pola magnetycznego. Jej wał ma łożyska kulkowe w obu tarczach obudowy. Na wale magneśnicy są osadzone bieguny o specjalnym kształcie (kłowe), które obejmują jej uzwojenie wzbudzenia (rys. 8.30).



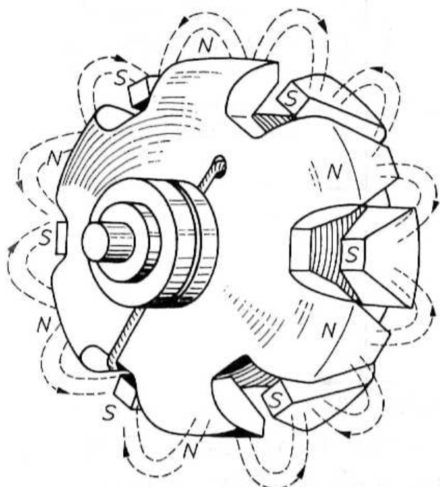
Rys. 8.30. Magneśnica alternatora zestykowego o biegunach kłowych wg [12]

Uzwojenie wirnika jest zasilane prądem stałym za pośrednictwem dwóch pierścieni, po których ślizgają się szczotki. Wirnik ma od kilku do kilkunastu biegunów kłowych. Zachodzące na siebie kły mają biegunowość przemienną (rys. 8.31).

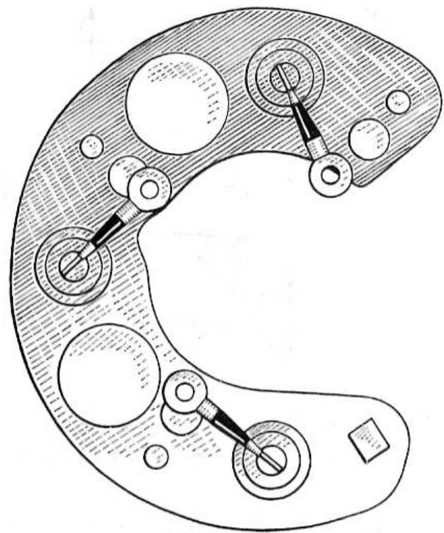
Końce uzwojenia magneśnicy są połączone z dwoma umieszczonymi na jej wale pierścieniami ślizgowymi, które służą do doprowadzania napięcia do uzwojenia wzbudzenia. Z pierścieniami ślizgowymi współpracują szczotki dociskane do nich sprężynami. Jedna szczotka jest połączona z zaciskiem na tylnej pokrywie, a druga — z masą alternatora. Od strony napędu (przy przedniej tarczy) na wale magneśnicy jest zamocowane koło pasowe. Kierunek obrotu magneśnicy jest zgodny z kierunkiem obrotu silnika.

Twornik (nieruchomy) składa się z trzech uzwojeń. Każde uzwojenie jest połączone z oddzielną parą diod. Za pośrednictwem diod dodatnich uzwojenia są połączone z dodatnim zaciskiem alternatora, a za pośrednictwem diod ujemnych — z masą (obudową) alternatora.

Układ prostowniczy składa się z sześciu diod — trzech dodatnich i trzech ujemnych. Cały układ prostowniczy mieści się w tylnej tarczy



Rys. 8.31. Rozkład strumienia magnetycznego Φ biegunów kłowych wg [12]



Rys. 8.32. Płytka do mocowania diod dodatnich wg [25]

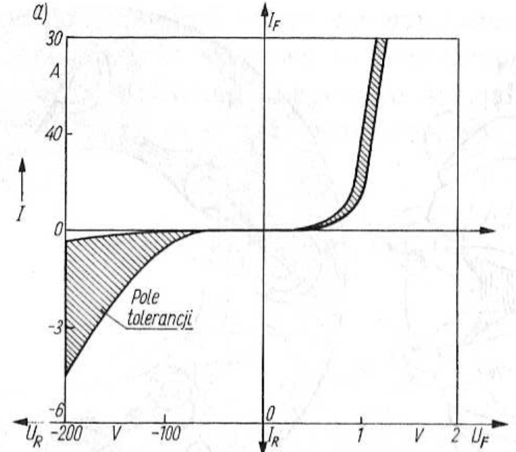
alternatora, przy czym diody ujemne są umieszczone w gniazdach tej tarczy, a dodatnie w specjalnie izolowanej płytce (rys. 8.32) przymocowanej do tarczy od wewnątrz.

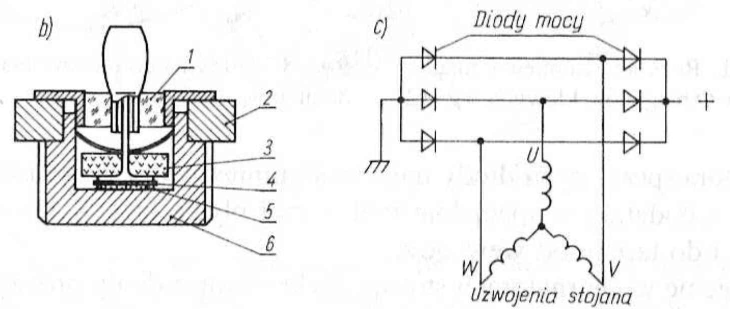
Obecnie w alternatorach stosuje się krzemowe diody prostownicze. Charakteryzują się one niewielkim spadkiem napięcia w kierunku przewodzenia ($0{,}6 \div 1{,}2$ V zależnie od wartości prądu) oraz napięciem zaporowym rzędu $60 \div 100$ V (rys. 8.33).

Jak widać na rysunku 8.33, trzy diody są połączone z biegunem dodatnim i trzy z ujemnym (stąd ich nazwy: diody dodatnie i ujemne). Diody dodatnie różnią się od diod ujemnych kierunkiem przewodzenia prądu między metalowym korpusem i środkowym wyprowadzeniem.

Podane na rysunku 8.34 oznaczenia *67, 31, 15* są stosowane przez większość firm samochodowych; numer *67* oznacza zacisk (+) uzwojenia wzbudzenia, *31* — zacisk (–) uzwojenia wzbudzenia, *15* — zacisk uzwojenia twornika.

Alternatory bezzestykowe mogą pracować bez obsługi technicznej do 500 000 km przebiegu pojazdu. Po tym okresie pracy zabiegom konserwacyjnym poddaje się jedynie łożyska. Jednak ze względu na dużą masę i duży koszt produkcji są one używane tylko w pojazdach ciężkich, pracujących w bardzo trudnych warunkach.





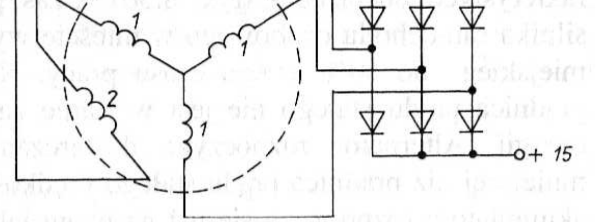
Rys. 8.33. Prostownik prądnicy prądu przemiennego wg [11]: *a*) charakterystyka prądowa diody prostowniczej; *b*) budowa diody prostowniczej; *c*) trójfazowy, pełnookresowy układ prostowniczy

1 — izolator szklany, *2* — pierścień żelazny, *3* — element ceramiczny, *4* — płytka miedziana, *5* — płytka krzemowa (właściwy element prostowniczy), *6* — obudowa miedziana

8.3.2. Zasada działania alternatora

Dzięki zastosowaniu alternatora układ komutator–szczotki (czyli prostownik mechaniczny) można zastąpić zespołem elektronicznym złożonym z półprzewodnikowych diod prostowniczych.

Zespół półprzewodnikowych diod prostowniczych (rys. 8.33c) — w postaci **trójfazowego mostkowego układu prostowniczego** — prostuje trójfazowy prąd przemienny wytwarzany w uzwojeniu stojana. Uzwojenie stojana zwykle łączy się w gwiazdę. Połączenie w trójkąt



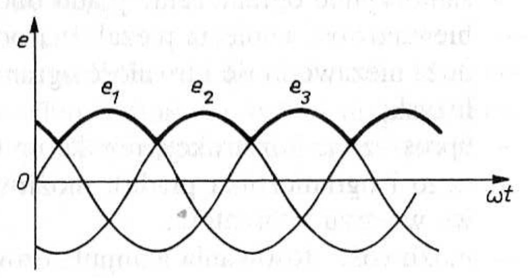
Rys. 8.34. Schemat elektryczny obcowzbudnego alternatora samochodowego wg [22]

1 — uzwojenie wirnika (magneśnicy), *2* — uzwojenie stojana (twornika)

stosuje się w alternatorach dużej mocy. Diodowy układ mostkowy znajduje się wewnątrz alternatora.

Schemat alternatora obcowzbudnego z układem prostowniczym przedstawia rys. 8.34. Alternatory takie mają charakterystyczne rozwiązanie konstrukcyjne wirnika, w którym powstaje pole magnetyczne. Wirujące pole magnetyczne indukuje siłę elektromotoryczną w nieruchomym tworniku, dlatego w wyprowadzeniach z trójfazowego uzwojenia stojana nie stosuje się styków ślizgowych. Styki takie, typu szczotka–pierścień, są natomiast zainstalowane przy doprowadzaniu prądu do wirującego uzwojenia wirnika. Iskrzenie na nich jest minimalne, nie występuje tu bowiem zjawisko komutacji, a prąd wzbudzenia jest niewielki — około 10% znamionowego prądu obciążenia. Dzięki temu prędkość obrotowa wirnika alternatora może być znacznie większa od prędkości obrotowej wirnika prądnicy prądu stałego.

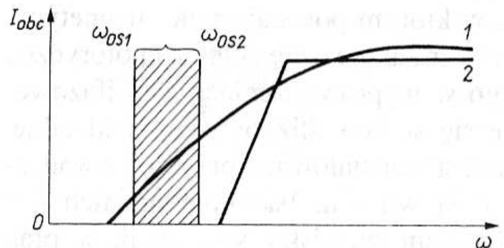
Przebieg napięcia wyjściowego alternatora wyposażonego w 6-diodowy prostownik przedstawia rys. 8.35.



Rys. 8.35. Wykres napięcia wyjściowego (siły elektromotorycznej) prądnicy prądu przemiennego (alternatora) wyposażonej w prostownik 6-diodowy wg [13]. (Małą literą *e* oznacza się chwilowe wartości siły elektromotorycznej.)

8.3.3. Zalety alternatorów

Swą wielką popularność alternatory zawdzięczają korzystnej charakterystyce obciążenia (rys. 8.36). Czas pracy na biegu jałowym silnika samochodu osobowego w mieście wynosi do 40%, a autobusu miejskiego do 60% całego czasu pracy. Na biegu jałowym silnika prądnica prądu stałego nie jest w stanie zapewnić niezbędnej ilości energii. Alternator rozpoczyna dostarczanie mocy przy znacznie mniejszej niż prądnica prądu stałego prędkości obrotowej. Ładowanie akumulatora rozpoczyna się już na biegu jałowym silnika (rys. 8.36). Przy prędkości obrotowej odpowiadającej biegowi jałowemu silnika alternator oddaje do 50% mocy znamionowej. Zwiększenie zakresu prędkości obrotowej, w którym alternator oddaje maksymalną moc, stało się możliwe dzięki wyeliminowaniu komutatora.



Rys. 8.36. Charakterystyki obciążenia wg [22]
1 — alternatora, 2 — prądnicy prądu stałego

W porównaniu z prądnicą prądu stałego o zbliżonych parametrach alternator wykazuje następujące zalety:
— większą moc — od 500 W do 1 kW w przypadku samochodów osobowych oraz 1,5 ÷ 5 kW w przypadku autobusów;
— większą maksymalną prędkość obrotową — do 15 000 obr/min, a krótkotrwale nawet do 20 000 obr/min;
— samoczynne ograniczanie prądu obciążenia (pobieranego prądu);
— biegunowość napięcia niezależną od kierunku obrotu;
— dużą niezawodność i trwałość ograniczoną jedynie wytrzymałością łożysk;
— uproszczoną konstrukcję regulatora (brak wyłącznika prądu zwrotnego i ogranicznika prądu), możliwość zainstalowania regulatora we wnętrzu alternatora;
— możliwość stosowania akumulatorów o mniejszej pojemności.

Tablica 8.1

Napięcie i prąd znamionowy alternatorów produkcji zagranicznej

Producent	Typ alternatora	Napięcie znamionowe	Prąd znamionowy
—	—	V	A
Bosch (RFN)	K-1	14	35
Chrysler (USA)	35A	12	35
Chrysler (USA)	30A	12	30
Lucas	2AC	12	45
Lucas	10AC	12	35
Marelli (Włochy)	SCA 10113	12	40
FIAT (Włochy)	ATR	12	40
Hitachi (Japonia)	LT423-07	12	22
Nipon Donso (Japonia)	2100-0-027-0	12	22
SEV Motorole (Francja)	A12/30	12	30
Paris-Rhome (Francja)	A13/R8	12	30
Paris-Rhome (Francja)	A16/R-14	12	90

Podstawowe parametry znamionowe wybranych alternatorów produkcji zagranicznej podano w tabl. 8.1, alternatorów zaś produkcji polskiej — w tabl. 8.2.

8.3.4. Typowe usterki alternatorów

Najczęściej spotykane usterki alternatorów to:
1. Lampka kontrolna ładowania akumulatora nie świeci się po włączeniu stacyjki (silnik nie pracuje). Prawdopodobne przyczyny to:
— wyładowanie akumulatora,
— przepalony bezpiecznik,
— przepalona lampka sygnalizacyjna,

Tablica 8.2

Niektóre parametry techniczne alternatorów produkcji polskiej

Parametry techniczne	Jednostka	Typ A124N	A12M	A24M	A110 A210	A120 A220	G1000 G1010 G1020
Napięcie znamionowe	V	14	14	28	14	28	28
Prąd znamionowy	A	44	42	21	60	30	40
Prędkość obrotowa	obr/min	—	5000	5000	2600	2600	1200
Prąd maksymalny	A	53	53	26	75	40	60
Początkowa prędkość obrotowa	obr/min	1000	1000	950	1150	1150	670
Prędkość obrotowa maksymalna trwała	obr/min	13000	13000	13000	8000	8000	5000
Prędkość obrotowa maksymalna chwilowa	obr/min	15000	15000	15000	10000	10000	7000
Rezystancja uzwojenia wzbudzenia	Ω	4,3	4,3	18	4	18	—
Masa	kg	4,2	4,2	4,2	7,4	7,4	17,5
Średnica zewnętrzna	mm	140	140	140	150	150	178
Długość	mm	158	158	158	182	182	375,5
Współpracujący regulator	—	RC2/12D	RC2/12B	RC2/28	RC2/12B RC1/28	RC1/28	RE-28
Zastosowanie	—	Polonez	FSO 125p	Jelcz i pochodne	—	Star 200, autobus H09	G1000, autobus PR110

— uszkodzone diody (zwarcie),
— niesprawne styki przekaźnika lampki sygnalizacyjnej,
— zwarcie z masą uzwojenia nieruchomego twornika.

2. Lampka kontrolna nie gaśnie pomimo wzrostu prędkości obrotowej silnika. Prawdopodobne przyczyny to:
— zawieszone lub zużyte szczotki,
— uszkodzone diody (zwarcie),
— zwarcie uzwojenia wirnika z masą,
— zwarcie uzwojenia stojana z masą,
— zerwany (bardzo luźny) pasek klinowy napędzający alternator.
3. Lampka kontrolna migoce przy stałej prędkości obrotowej silnika. Prawdopodobne przyczyny to:
— zawieszone lub zużyte szczotki,
— słabo naciągnięty pasek klinowy,
— uszkodzony regulator napięcia,
— niestabilne połączenie przekaźnika lampki kontrolnej,
— uszkodzony kondensator przeciwzakłóceniowy.
4. Alternator nadmiernie hałasuje. Prawdopodobne przyczyny to:
— wadliwy montaż,
— luz koła pasowego,
— uszkodzone łożysko,
— luźno osadzone szczotki,
— zwarcie lub przerwa w prostowniku,
— zwarcie lub przerwa w uzwojeniu stojana.

8.3.5. Zasady obsługi technicznej alternatorów

Obsługa alternatora polega na utrzymaniu go w czystości, smarowaniu i sprawdzaniu części ślizgowych.

Pierścienie ślizgowe alternatora czyści się co ok. 60 000 km przebiegu samochodu, przedmuchując je sprężonym powietrzem. Większe zanieczyszczenia zbiera się szmatką zwilżoną naftą lub terpentyną, dociskając ją do obracających się pierścieni. Nie wolno do tego celu używać benzyny — ze względu na możliwość wywołania pożaru w razie zaiskrzenia szczotek.

Podczas obsługi alternatora sprawdza się stan szczotek, ich przyleganie do pierścieni oraz stan sprężyn dociskających. W razie potrzeby

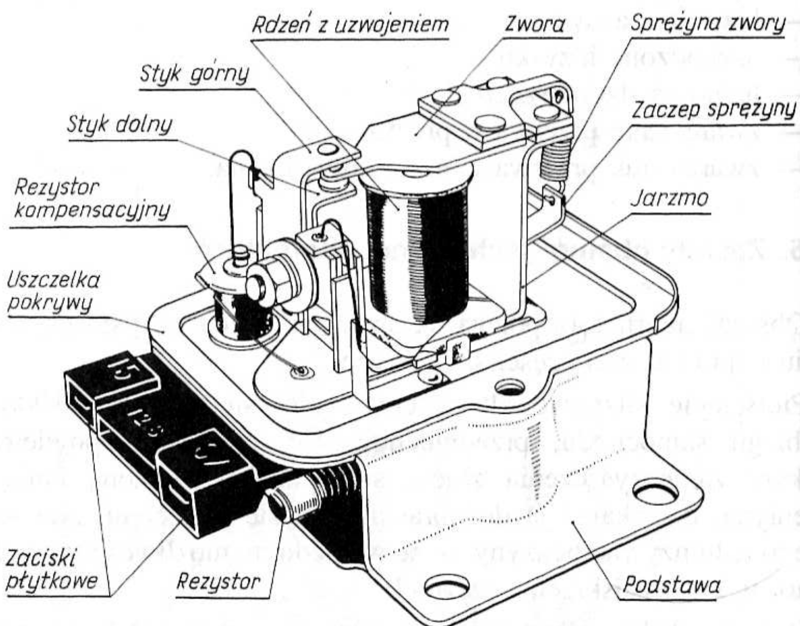
elementy te wymienia się na nowe (właściwe dla danego typu alternatora).

Naciąg paska klinowego alternatora sprawdza się i reguluje tak samo jak w przypadku prądnicy prądu stałego (p. 8.2.5).

8.3.6. Regulatory napięcia alternatorów

Wiadomości ogólne. Prądnice pojazdów mechanicznych pracują ze zmienną prędkością obrotową i zmiennym obciążeniem. Odpowiednim zmianom ulega więc też generowane przez nie napięcie. Do stabilizacji napięcia w instalacji elektrycznej samochodu służy regulator napięcia.

Diody krzemowe, wchodzące w skład układu prostowniczego, umożliwiają przepływ prądu w obwodzie tylko wówczas, gdy wartość napięcia na zaciskach alternatora przekroczy napięcie na zaciskach akumulatora. Prąd płynie wówczas od alternatora do akumulatora. Przepływ prądu w przeciwnym kierunku (prąd zwrotny) jest praktycznie niemożliwy, dzięki zaporowemu działaniu diody.



Rys. 8.37. Regulator napięcia alternatora wg [1]

W przypadku zastosowania alternatora zbędny jest ogranicznik prądu, gdyż wartość obciążenia ustala się samoczynnie po osiągnięciu przez alternator odpowiedniej prędkości obrotowej.

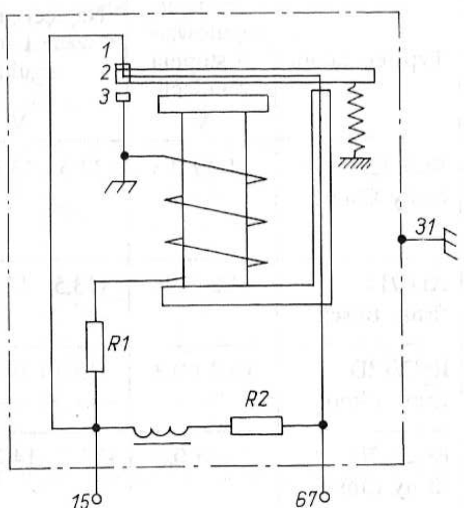
Budowa regulatora napięcia alternatora. Budowę regulatora napięcia przedstawia rys. 8.37. Składa się on z rdzenia z uzwojeniem, jarzma, zwory ze stykami i rezystorów.

Regulator jest umieszczony na podstawie z blachy i zamknięty hermetyczną pokrywą. Podstawa regulatora jest tak ukształtowana, aby mogło pod nią swobodnie przepływać powietrze i chłodzić umieszczone pod nią rezystory.

Regulator powinien być umieszczony w pojeździe pionowo, zaciskami do dołu. Temperatura otoczenia regulatora nie powinna się różnić od temperatury otoczenia akumulatora.

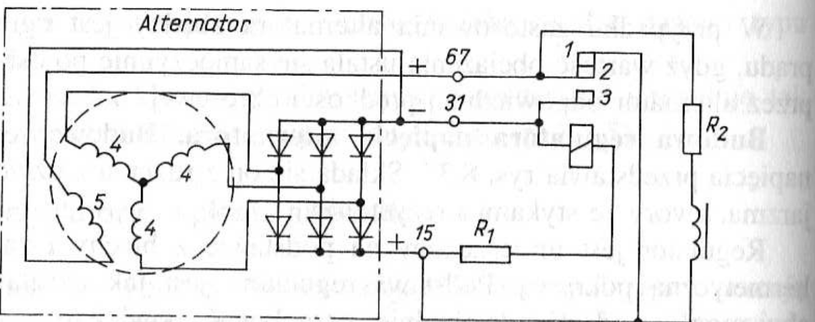
Wibracyjny dwustopniowy regulator napięcia. Schemat takiego regulatora przedstawia rys. 8.38, a schemat elektryczny regulatora napięcia współpracującego z alternatorem (masa „–") przedstawia rys. 8.39.

Regulator ma trzy styki — *1, 2* i *3*. Styki zewnętrzne *1* i *3* są nieruchome. Dopóki napięcie alternatora nie wymaga regulacji, dopóty styki *1* i *2* (styki pierwszego stopnia regulacji) są rozwarte. Prąd wzbudzenia płynie w obwodzie, w którym znajduje się tylko rezystancja uzwojenia wzbudzenia. Pod wpływem wzrostu napięcia następuje zwarcie styków *1* i *2*. W obwód wzbudzenia zostaje włączona



Rys. 8.38. Schemat wibracyjnego regulatora napięcia alternatora wg [12]

1, 2, 3 — styki regulatora



Rys. 8.39. Schemat wibracyjnego regulatora napięcia współpracującego z alternatorem wg [12]

1, 2, 3 — styki regulatora, *4* — uzwojenie wirnika (magneśnicy), *5* — uzwojenie stojana (twornika)

dodatkowa rezystancja R_2. Gdy prędkość obrotowa wzrasta, wzrasta również napięcie alternatora, powodując zwarcie styków *2* i *3* (styki drugiego stopnia regulacji). Następuje wówczas połączenie zacisku uzwojenia wzbudzenia (*67*)z masą. Ponieważ drugi koniec uzwojenia wzbudzenia jest na stałe połączony z masą, więc następuje gwałtowny spadek prądu wzbudzenia. Dzięki temu napięcie alternatora nie może przekroczyć określonej wartości.

T a b l i c a 8.3

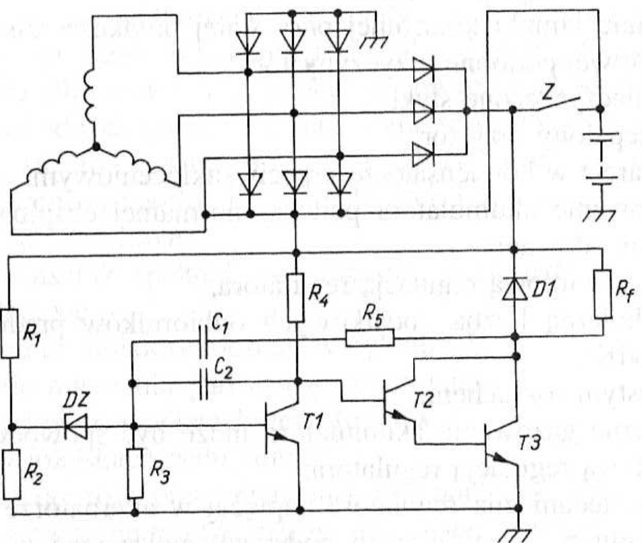
Charakterystyczne parametry techniczne wybranych wibracyjnych regulatorów

Typ regulatora	Napięcie regulowane II stopnia regulacji V	Napięcie regulowane I stopnia regulacji V	Rezystancja Ω	Zastosowanie
RC1/12B firmy Elmot	14,2±0,3	(13,5÷13,8)±0,3	5,33÷5,95	FSO 1500 FIAT 132p FIAT 132p Special
AD1/14 firmy Bosch	14,2±0,4	(13,5÷13,8)±0,4	—	FIAT 127p FIAT 128p
RC2/12D firmy Elmot	14,2±0,3	(13,7÷14,2)±0,3	5,65±0,3	FIAT 132p GL FIAT 132p GLS
RC2/12E firmy Elmot	14,2±0,3	(13,7÷14,2)÷0,3	3,7±0,2	Polonez

Charakterystyczne parametry techniczne wybranych wibracyjnych regulatorów napięcia podano w tabl. 8.3.

Elektroniczny regulator napięcia alternatora. Funkcję członu wykonawczego, którą w regulatorze wibracyjnym pełnią styki i dodatkowa rezystancja, w regulatorze elektronicznym pełni tranzystor.

Zasada działania regulatora elektronicznego (niewibracyjnego), współpracującego z alternatorem samowzbudnym (rys. 8.40), jest następująca. Po włączeniu zapłonu (zamknięciu wyłącznika *Z*) napięcie akumulatora (poprzez rezystor R_4) powoduje przepływ prądu w obwodzie bazy tranzystora *T2*, załączając go. Jednocześnie zostaje załączony tranzystor *T3*. Wraz z załączeniem obu tranzystorów w obwodzie uzwojenia wzbudzenia popłynie prąd, powodując wzrost napięcia na zaciskach alternatora aż do chwili uzyskania pełnego samowzbudzenia. Pod wpływem wzrostu prędkości obrotowej napięcie alternatora wzrasta do poziomu napięcia regulacji. Gdy to nastąpi, dioda Zenera *DZ* zaczyna przewodzić prąd, załączając tranzystor *T1*. Następuje zmniejszenie prądu bazy tranzystora *T2*, co w konsekwencji powoduje odcięcie tranzystorów *T2* i *T3*. Prąd w obwodzie wzbudzenia przestaje płynąć.



Rys. 8.40. Schemat elektronicznego regulatora napięcia współpracującego z alternatorem samowzbudnym wg [12]

Regulatory napięcia alternatorów różnią się od regulatorów napięcia prądnic prądu stałego zasadą pomiaru napięcia regulowanego, rodzajem stopnia mocy (tranzystorowy lub tyrystorowy) oraz sposobem wykonania (elementy dyskretne lub układy scalone).

Alternatory mogą być ponadto wyposażone w układy zabezpieczające przed skutkami zwarcia uzwojenia wzbudzenia oraz przed przepięciami i nadmiernym wzrostem napięcia wyjściowego w przypadku uszkodzenia regulatora.

8.3.7. Typowe usterki regulatorów napięcia w alternatorach

Najczęściej spotykane usterki regulatorów to:

1. Lampka kontrolna nie zapala się po włączeniu stacyjki. Prawdopodobne przyczyny to:
   — brak połączenia zacisku (*31*) regulatora z masą,
   — zanieczyszczone styki,
   — przerwa w uzwojeniu cewek.
2. Lampka kontrolna nie gaśnie mimo wzrostu prędkości obrotowej silnika. Prawdopodobne przyczyny to:
   — nadpalone styki,
   — przerwa w połączeniach.
3. Migotanie lampki kontrolnej przy stałej prędkości obrotowej silnika. Prawdopodobne przyczyny to:
   — zanieczyszczone styki,
   — przepalony rezystor,
   — zwarcie w kondensatorze przeciwzakłóceniowym.
4. Wyładowanie akumulatora podczas normalnej eksploatacji może być spowodowane:
   — nieprawidłową regulacją regulatora,
   — nadmierną liczbą dodatkowych odbiorników prądu w samochodzie,
   — częstym rozruchem.
5. Nadmierne gazowanie akumulatora może być spowodowane nieprawidłową regulacją regulatora.

Obsługa techniczna regulatora napięcia w alternatorze polega na utrzymywaniu w czystości jego podstawy, pokrywy i zacisków, na sprawdzaniu jego zamocowania do nadwozia oraz na sprawdzaniu zamocowania przewodów.

9. Rozruszniki

9.1. Wiadomości ogólne

Rozrusznik to szeregowy silnik elektryczny prądu stałego, który służy do obracania wału korbowego silnika i nadania mu odpowiedniej prędkości obrotowej, przy której tworzy się mieszanka paliwowa zdolna do zapłonu (silnik z zapłonem iskrowym) lub przy której sprężona mieszanka nagrzewa się do temperatury samoczynnego zapłonu (silnik z zapłonem samoczynnym).

Rozrusznik silnika spalinowego jest odbiornikiem pobierającym najwięcej energii elektrycznej z akumulatora, lecz tylko w krótkich okresach — podczas uruchamiania silnika. Pobór prądu w chwili uruchamiania silnika w samochodach osobowych wynosi 200 ÷ 600 A. W zależności od rodzaju pojazdu moc rozrusznika wynosi 0,4 ÷ 10 kW.

Stosuje się rozruszniki 6-, 12- i 24-woltowe. Te ostatnie są wykorzystywane w niektórych samochodach i autobusach z silnikami o zapłonie samoczynnym.

Aby rozrusznik spełniał swe zadania, musi pokonać opory, na które składają się:
— sprężanie czynnika roboczego w cylindrach,
— zasycanie mieszanki paliwowej (lub powietrza),
— tarcie tłoków o powierzchnie cylindrów,
— tarcie w łożyskach wału silnika,
— opory związane z pracą mechanizmów pomocniczych.

Na czas rozruchu wirnik rozrusznika zostaje sprzęgnięty z wałem silnika za pomocą przekładni zębatej. Przełożenie tej przekładni wynosi od 1 : 8 do 1 : 20.

Rozrusznik powinien zapewnić minimalną prędkość obrotową silnika, przy której może on rozpocząć samodzielną pracę. Prędkość rozruchowa silnika wynosi 40 ÷ 100 obr/min w przypadku czterosuwowych silników z zapłonem iskrowym oraz 100 ÷ 200 w przypadku silników z zapłonem samoczynnym.

9.2. Zasady budowy i działania rozrusznika

Rozrusznik to szeregowy lub szeregowo-bocznikowy silnik elektryczny, zbudowany podobnie jak prądnica prądu stałego i wyposażony w mechanizm sprzęgający. Podstawowe części składowe rozrusznika elektrycznego to: bieguny, uzwojenie wzbudzenia, wirnik, komutator, szczotki i urządzenie sprzęgające.

Bieguny — przeważnie cztery (jak w prądnicy) — to elektromagnesy służące do wzbudzania pola magnetycznego. Składają się z nabiegunników z miękkiej stali i osadzonych na nich uzwojeń wzbudzenia.

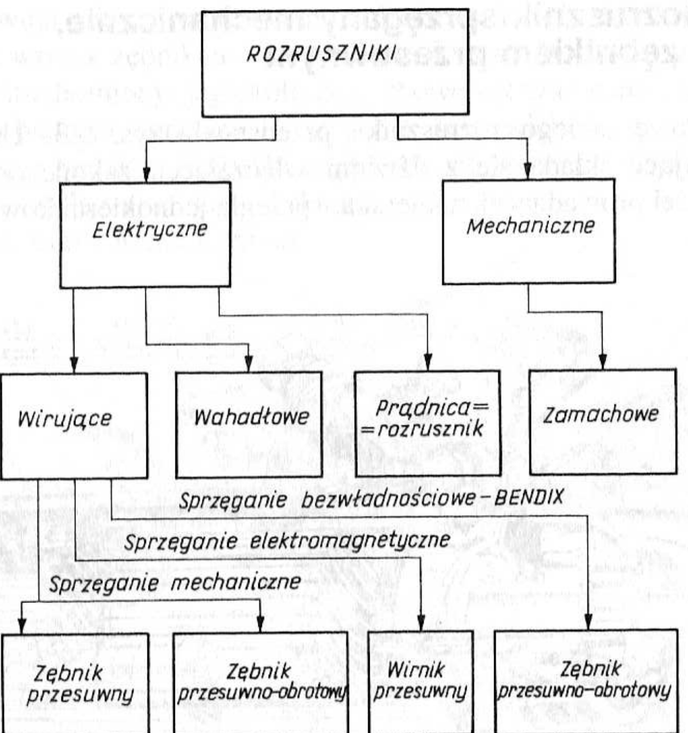
Uzwojenie wzbudzenia jest połączone szeregowo z uzwojeniem wirnika — stąd nazwa silnik szeregowy. Rozrusznik pobiera duży prąd (do 600 A), dlatego uzwojenie wykonuje się z grubego drutu lub płaskownika miedzianego.

Wirnik to odpowiednik twornika prądnicy — podobnie do niego zbudowany, z tą różnicą, że jego uzwojenie jest wykonane z płaskownika miedzianego. Końce uzwojeń są przylutowane do segmentów komutatora. Po drugiej stronie wałka rozrusznika znajduje się urządzenie sprzęgające rozrusznik z kołem zamachowym silnika.

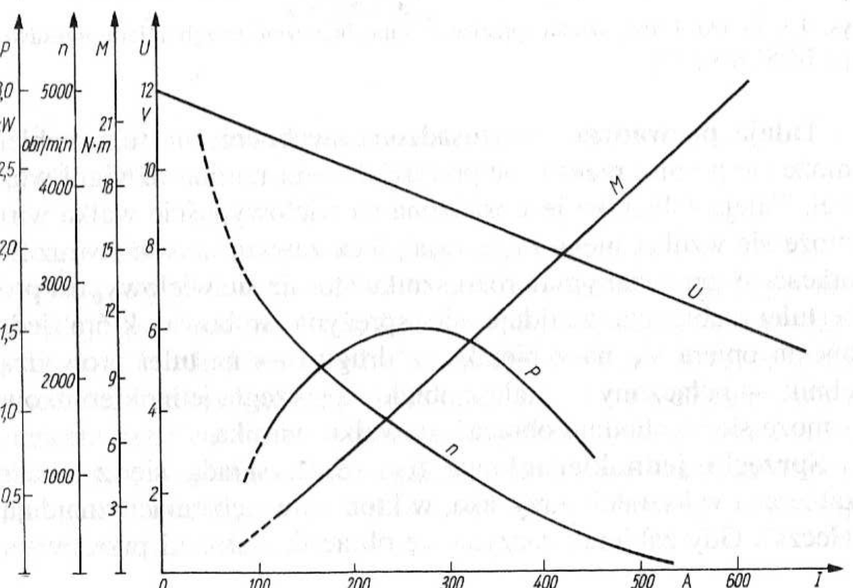
Szczotki — w liczbie odpowiadającej liczbie biegunów (na ogół cztery) — w celu zwiększenia przewodności wykonuje się z miedzi lub węgla.

Urządzenie sprzęgające służy do sprzęgania rozrusznika z kołem zamachowym silnika w celu wprawienia w ruch obrotowy wału korbowego. Elementem sprzęgającym jest zębnik osadzony na wałku wirnika, zazębiany z wieńcem zębatym koła zamachowego silnika.

Klasyfikację rozruszników i sposobów ich sprzęgania podano na rys. 9.1. Charakterystykę elektryczną rozrusznika (E100) przedstawiono na rys. 9.2.



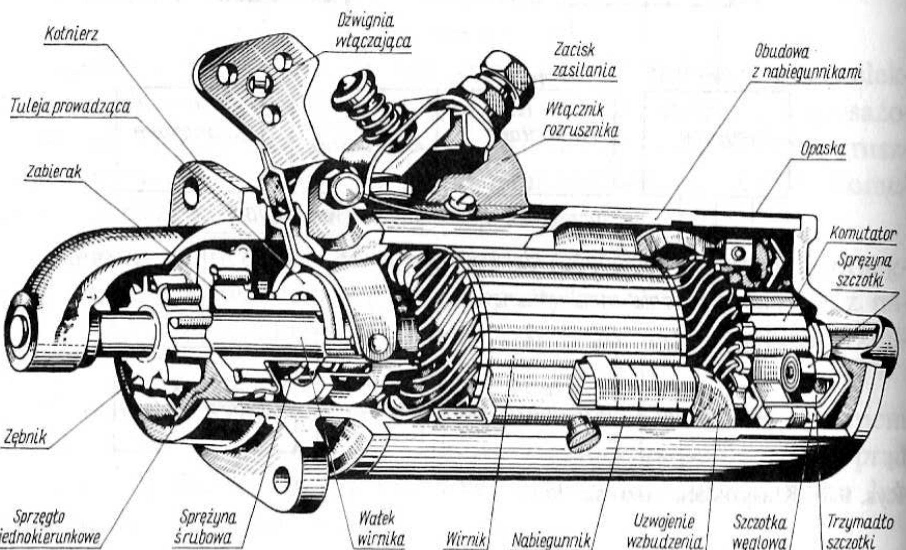
Rys. 9.1. Klasyfikacja rozruszników



Rys. 9.2. Charakterystyka elektryczna rozrusznika E100 N 1,5 × 12 wg [18]

9.3. Rozrusznik sprzęgany mechanicznie, z zębnikiem przesuwnym

Budowę takiego rozrusznika przedstawia rys. 9.3. **Urządzenie sprzęgające** składa się z dźwigni włączającej, zakończonej widełkami, tulei prowadzącej, zabieraka, sprzęgła jednokierunkowego i zębnika.

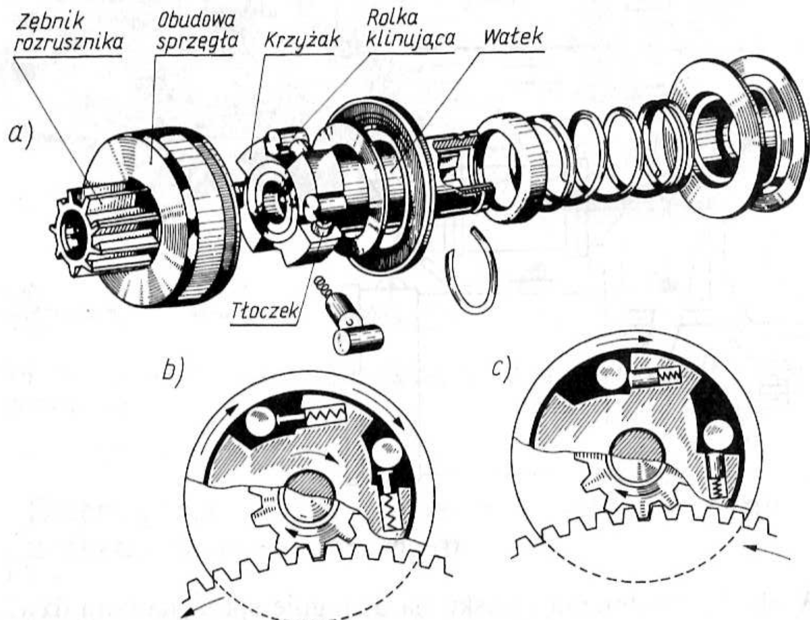


Rys. 9.3. Przekrój rozrusznika sprzęganego mechanicznie (z zębnikiem przesuwnym), typu BOSCH wg [1]

Tuleja prowadząca jest osadzona swobodnie na tulei zabieraka i może się po niej przesuwać pod działaniem ramion dźwigni włączającej. Tuleja zabieraka jest osadzona na wielowypuście wałka wirnika i może się wzdłuż niego przesuwać, lecz zawsze musi się wraz z nim obracać. W omawianym tu rozruszniku stosuje się wielowypust prosty. Na tulei zabieraka znajduje się sprężyna śrubowa, która jednym końcem opiera się na zabieraku, a drugim — na tulei prowadzącej. Zębnik — połączony na stałe z obudową sprzęgła jednokierunkowego — może się swobodnie obracać na wałku wirnika.

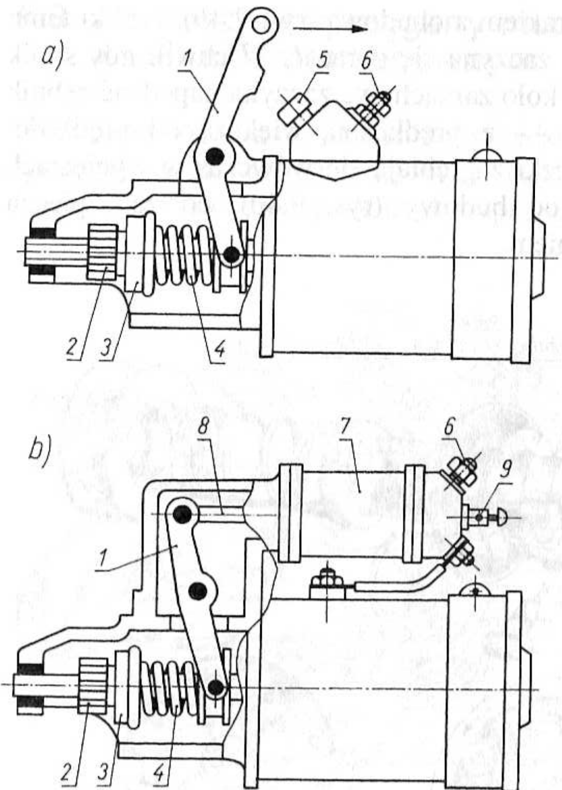
Sprzęgło jednokierunkowe (rys. 9.4), składa się z obudowy i zabieraka w kształcie krzyżaka, w którego wgłębieniach znajdują się wałeczki. Gdy zabierak zaczyna się obracać, wałeczki przesuwają się

i zaklinowują między zabierakiem a obudową (rys. 9.4*b*). Dzięki temu obudowa wraz z zębnikiem zaczyna się obracać. W chwili gdy silnik zostanie uruchomiony, jego koło zamachowe zaczyna napędzać zębnik wraz z obudową sprzęgła — z prędkością większą od prędkości obrotowej zabieraka. Wałeczki zagłębiają się wówczas w wycięciach zabieraka, odłączając go od budowy (rys. 9.4*c*), co zabezpiecza rozrusznik przed uszkodzeniem.



Rys. 9.4. Sprzęgło jednokierunkowe rozrusznika wg [1]: *a*) części składowe; *b*) sprzęgło włączone; *c*) sprzęgło wyłączone (silnik pracuje)

Rozrusznik może być włączany mechanicznie (rys. 9.5*a*) lub elektromagnetycznie (rys. 9.5*b*). Widełki dźwigni włączającej przesuwają tuleję prowadzącą. Ta z kolei — za pośrednictwem sprężyny — przesuwa (wzdłuż wałka wirnika) tuleję zabieraka wraz ze sprzęgłem jednokierunkowym i zębnikiem. Następuje zazębienie zębnika z wieńcem zębatym koła zamachowego silnika. Jednocześnie zostają zwarte styki włącznika rozrusznika, powodujące włączenie prądu akumulatora, dzięki czemu wirnik zaczyna się obracać, napędzając koło zamachowe silnika.



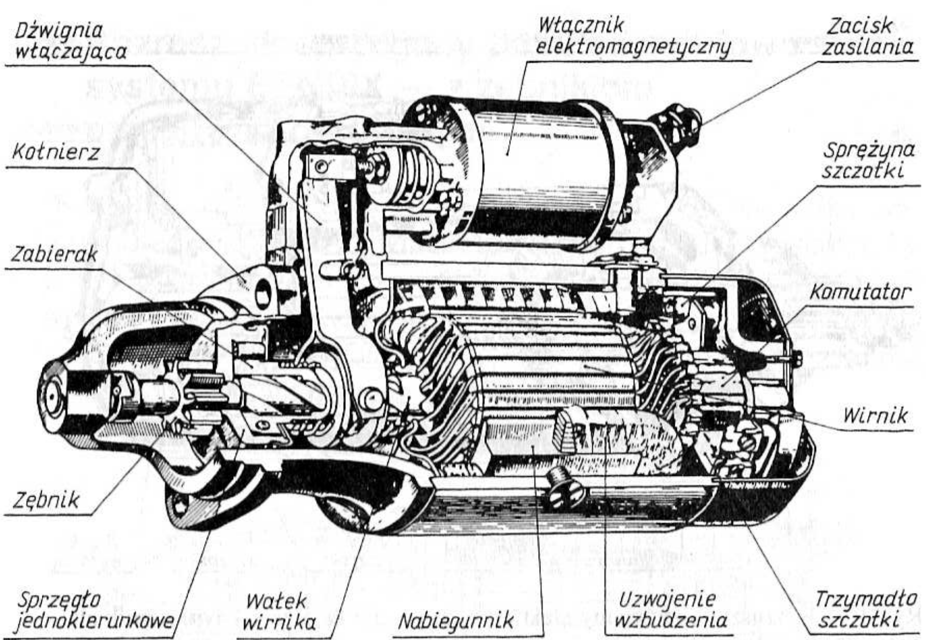
Rys. 9.5. Rozruszniki wg [7]: *a*) z włącznikiem mechanicznym; *b*) z włącznikiem elektromagnetycznym

1 — dźwignia włączająca, *2* — zębnik (koło zębate) rozrusznika, *3* — mechanizm wolnych obrotów, *4* — sprężyna, *5* — przycisk włączający prąd, *6* — zacisk przewodu akumulatora, *7* — elektromagnes, *8* — rdzeń żelazny, *9* — zacisk przewodu od włącznika rozrusznika

W chwili zwolnienia nacisku na dźwignię sprężyna cofa dźwignię włączającą i w ten sposób urządzenie sprzęgające wraca do położenia spoczynkowego. W czasie powrotnego ruchu dźwigni styki włącznika się rozwierają i prąd akumulatora zostaje wyłączony.

9.4. Rozrusznik sprzęgany mechanicznie, z zębnikiem przesuwno-obrotowym

W rozruszniku z zębnikiem przesuwno-obrotowym (rys. (9.6) tuleja zabieraka przesuwa się wzdłuż wałka wirnika po wielowypuście śrubowym. Ruch ten trwa do chwili częściowego zazębienia się zębnika z kołem zamachowym. Ostateczne zazębienie następuje, gdy wirnik zacznie się obracać.



Rys. 9.6. Rozrusznik sprzęgany mechaniczne (z zębnikiem przesuwno-obrotowym) typu BOSCH wg [1]

9.5. Rozrusznik sprzęgany elektromagnetycznie, z przesuwnym wirnikiem

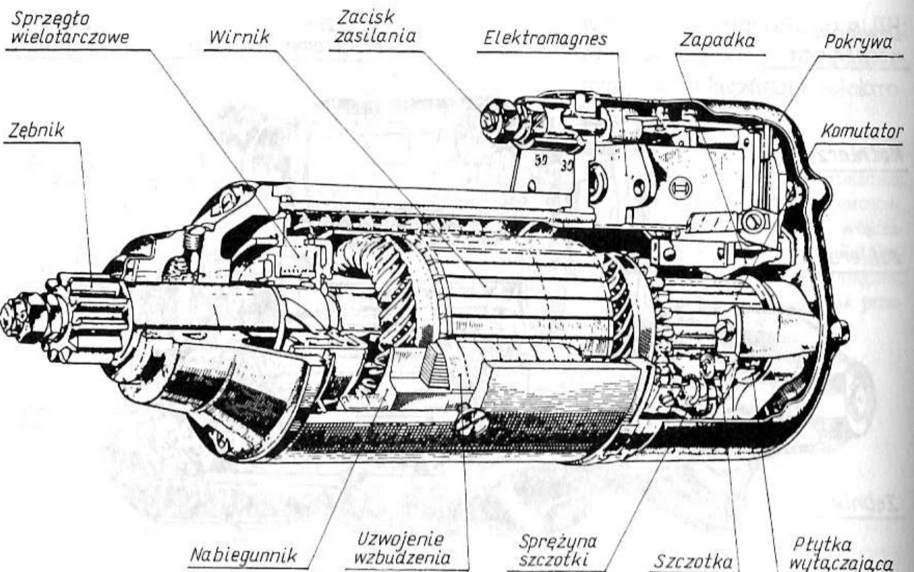
Budowę takiego rozrusznika przedstawia rys. 9.7. Jego wirnik może się przesuwać wzdłuż osi, a w położeniu spoczynkowym jest utrzymywany przez sprężynę. W tym położeniu zębnik nie zazębia się z kołem zamachowym silnika.

Bieguny mają po dwa uzwojenia wzbudzenia: główne i pomocnicze. Na wirnik działa ponadto specjalne uzwojenie podtrzymujące.

Ponieważ wirnik się przesuwa, więc komutator musi być znacznie dłuższy niż w innych rozrusznikach, aby w każdym położeniu wirnika szczotki całą powierzchnią przylegały do komutatora.

Zębnik jest osadzony na wałku wirnika i połączony z nim za pośrednictwem sprzęgła wielotarczowego.

Rozrusznik jest uruchamiany włącznikiem elektromagnetycznym o działaniu dwustopniowym. Po włączeniu pierwszego stopnia prąd



Rys. 9.7. Rozrusznik sprzęgany elektromagnetycznie (z przesuwnym wirnikiem) typu BOSCH wg [1]

płynie przez pomocnicze uzwojenie wzbudzenia. Wzbudzone pole magnetyczne przesuwa wirnik wzdłuż osi i powoduje jednocześnie powolny jego obrót. Dzięki obu tym ruchom zębnik zostaje płynnie zazębiony z kołem zamachowym silnika. W przypadku trafienia „zębem na ząb" sprzęgło wielotarczowe częściowo się rozłącza i pracuje z poślizgiem, co zabezpiecza zęby przed uszkodzeniem.

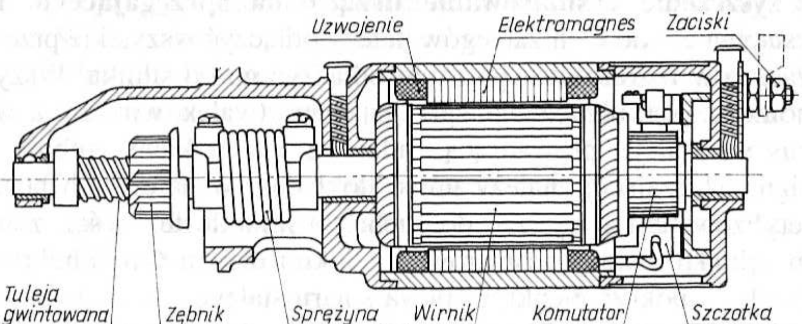
Drugi stopień uruchamiania polega na samoczynnym włączeniu głównego uzwojenia wzbudzenia, jednocześnie rozrusznik zaczyna obracać wał korbowy silnika.

Po uruchomieniu silnika prąd płynący przez uzwojenie wzbudzenia i przez wirnik maleje, a tym samym maleje siła wymuszająca zazębienie zębnika z wieńcem wału silnika. Pod działaniem sprężyny zwrotnej na wirnik zębnik dąży do wyzębienia. Aby temu zapobiec, do chwili zwolnienia przycisku włącznika rozrusznika na wirnik działa pole magnetyczne wzbudzone w uzwojeniu podtrzymującym.

Po uruchomieniu silnika następuje gwałtowne zwiększenie jego prędkości obrotowej. Przed przeciążeniem (uszkodzeniem) rozrusznik jest chroniony przez sprzęgło wielotarczowe działające z poślizgiem.

9.6. Rozrusznik sprzęgany bezwładnościowo systemu BENDIX — z zębnikiem przesuwno-obrotowym

Budowę takiego rozrusznika przedstawia rys. 9.8. Na wałku wirnika jest osadzona tuleja z gwintem zewnętrznym o dużym skoku. Na tulei jest osadzony zębnik z ciężkim kołnierzem. Zębnik ma gwint wewnętrzny odpowiadający gwintowi tulei, dzięki czemu jest na nią nakręcany. Tuleja jest połączona z wałkiem wirnika za pomocą śrubowej sprężyny amortyzującej.



Rys. 9.8. Rozrusznik sprzęgany bezwładnościowo systemu BENDIX wg [1]

Po włączeniu rozrusznika obraca się tylko wirnik i połączona z nim tuleja. Zębnik — wskutek dużej bezwładności — nie obraca się, lecz przesuwa po gwincie tulei w kierunku koła zamachowego silnika. Po zazębieniu się zębnik, nie mogąc się dalej przesuwać, zaczyna się obracać wraz z wirnikiem, obracając koło zamachowe silnika. Sprężyna amortyzująca łagodzi uderzenia podczas zazębiania.

Gdy silnik zostanie uruchomiony, wówczas koło zamachowe obraca się szybciej niż wirnik rozrusznika. W tej sytuacji role się odwracają — teraz koło zamachowe napędza zębnik, który nakręca się na gwint tulei i cofa w kierunku wirnika, przestając współpracować z wieńcem koła zamachowego.

Po uruchomieniu silnika należy natychmiast wyłączyć rozrusznik. W przeciwnym razie, pod wpływem dalszego obracania się wirnika, zębnik — po wycofaniu się do położenia wyjściowego — znów zbliży się do koła zamachowego, co może spowodować uszkodzenia zębów.

9.7. Zasady obsługi technicznej rozruszników

Zasady ogólne. Obsługa rozrusznika polega na utrzymaniu go w czystości, smarowaniu i sprawdzaniu zamocowania przewodów. Takie czynności, jak: czyszczenie komutatora, sprawdzanie szczotek, docieranie nowych szczotek, sprawdzanie sprężyn i trzymadeł szczotkowych, wykonuje się tak samo, jak w przypadku obsługi prądnicy (p. 8.2.5).

W celu uniknięcia zwarcia — przed przystąpieniem do obsługi rozrusznika należy odłączyć przewód akumulatora połączony z masą pojazdu.

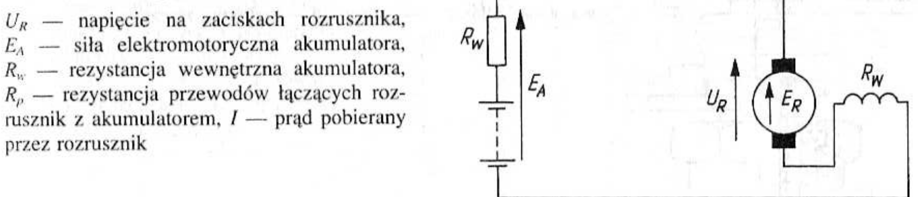
Czyszczenie i smarowanie urządzenia sprzęgającego. Przed przystąpieniem do tych zabiegów należy odłączyć wszystkie przewody od zacisków rozrusznika, po czym odłączyć go od silnika. Wszystkie ruchome części urządzenia sprzęgającego (wałek wirnika z wielowypustem, tuleję prowadzącą, tuleję z zabierakiem, zębnik i oś dźwigni włączającej) należy umyć dokładnie w nafcie lub benzynie (nieetylizowanej) i wytrzeć do sucha. Wszystkie te części, z wyjątkiem zębnika, należy nasmarować rzadkim olejem (np. silnikowym), a zębnik — pokryć cienką warstwą smaru stałego.

Smarowanie łożysk rozrusznika. Łożysk samosmarujących nie smaruje się. Należy tylko uważać, aby nie miały styczności z benzyną (np. podczas przemywania urządzenia sprzęgającego). Łożyska toczne (kulkowe, wałeczkowe) napełnia się smarem stałym, co wystarcza na cały przebieg międzyobsługowy, wynoszący 10 000 ÷ 12 000 km. Łożyska ślizgowe należy co trzy miesiące smarować rzadkim olejem, uważając przy tym, by nie zanieczyścić komutatora.

Czyszczenie styków rozrusznika. Nadpalone styki rozrusznika wyrównuje się pilnikiem, a zużyte — wymienia.

Czyszczenie kadłuba rozrusznika. W pierwszej kolejności należy oczyścić otwory odpływowe oleju i wody, znajdujące się w dowolnej części obudowy urządzenia sprzęgającego. Następnie czyści się otwór odpływowy w obudowie sprzęgła silnika, gdyż zbierający się tam olej wraz z brudem może zostać przeniesiony przez wieniec zębaty koła zamachowego silnika do urządzenia sprzęgającego rozrusznika.

Sprawdzanie izolacji w obwodzie rozruchu (rys. 9.9). Ponieważ w obwodzie tym nie ma bezpiecznika zapobiegającego skutkom zwarcia, trzeba więc dokładnie sprawdzić izolację, zwłaszcza izolację



Rys. 9.9. Schemat elektryczny obwodu rozruchu wg [22]

U_R — napięcie na zaciskach rozrusznika, E_A — siła elektromotoryczna akumulatora, R_w — rezystancja wewnętrzna akumulatora, R_p — rezystancja przewodów łączących rozrusznik z akumulatorem, I — prąd pobierany przez rozrusznik

zacisku rozrusznika. Przewody z uszkodzoną izolacją należy wymienić na nowe.

Przewody łączące. Ponieważ rozrusznik pobiera duży prąd, więc przewód łączący go z akumulatorem musi mieć duży przekrój i małą długość. W przeciwnym razie przewód ten byłby przyczyną nadmiernego spadku napięcia w obwodzie oraz nagrzewałby się. Z tych względów akumulator powinien być montowany jak najbliżej rozrusznika.

Drugi przewód w obwodzie stanowi masa. Dlatego — przykręcając rozrusznik do korpusu silnika — należy dokładnie oczyścić, przemyć benzyną i wytrzeć do sucha powierzchnię styku, a śruby mocno dokręcić, zmniejszając do minimum rezystancję przejścia prądu.

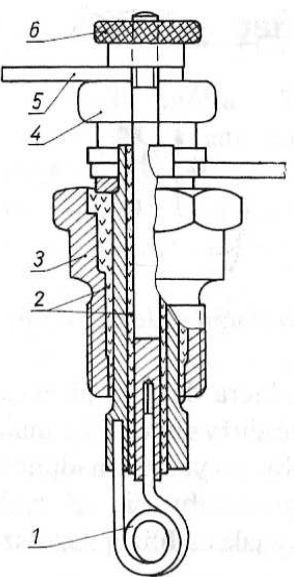
9.8. Urządzenia ułatwiające rozruch

Trudne warunki rozruchu silników spalinowych, zwłaszcza zimą, wymusiły stosowanie urządzeń ułatwiających rozruch.

W silnikach o zapłonie iskrowym (akumulatorowym) stosuje się **cewki zapłonowe z dodatkowym uzwojeniem pierwotnym**, włączanym równolegle na czas rozruchu silnika. Powoduje to zwiększenie prądu pierwotnego i energii pola magnetycznego cewki, dzięki czemu wzrasta napięcie w uzwojeniu wtórnym cewki, co ułatwia uruchomienie silnika.

W silnikach o zapłonie samoczynnym stosuje się podgrzewanie powietrza w komorze spalania za pomocą świec żarowych lub podgrzewaczy rozruchowych.

Świeca żarowa (rys. 9.10) — umieszczona w komorze spalania — pracuje tylko przed rozruchem i w czasie rozruchu (przez 40 ÷ 50 s).



Rys. 9.10. Świeca żarowa typu BOSCH wg [1]

1 — uzwojenie żarowe, *2* — stopiony proszek szklany, *3* — obudowa, *4* — izolator, *5* — złącze, *6* — nakrętka złącza

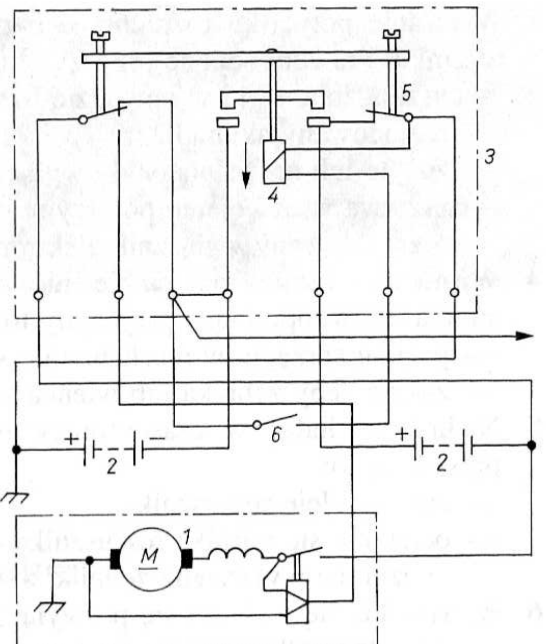
Dzięki bardzo małej rezystancji drutu żarowego moc grzewcza świecy wynosi 60 ÷ 70 W, prąd 30 ÷ 55 A, napięcie 0,9 ÷ 1,7 V i rozgrzewa się ona do temperatury 900 ÷ 1000°C.

Podgrzewacze rozruchowe to grzejniki umieszczone w przewodzie dolotowym silnika w pobliżu cylindrów. Uzwojenie grzejne (zasilane z akumulatora) osiąga temperaturę 900 ÷ 1000°C i nagrzewa powietrze zasycane przez silnik. Moc grzewcza wynosi 500 ÷ 2000 W.

W ciężkich samochodach z silnikami o zapłonie samoczynnym są stosowane rozruszniki o dużym momencie obrotowym, pobierające bardzo duży prąd. Rozruszniki takie są zasilane dwoma akumulatorami 12 V, które w czasie rozruchu są łączone szeregowo. Podczas rozruchu taki rozrusznik jest więc zasilany napięciem 24 V. Po uruchomieniu silnika akumulatory ponownie zostają połączone równolegle. Odbywa się to samoczynnie za pomocą przełącznika 12/24 V (rys. 9.11).

W czasie uruchamiania silnika nie należy włączać rozrusznika na czas dłuższy niż 5 s, a między kolejnymi włączeniami rozrusznika zachować przerwę 15 ÷ 20 s.

Jeżeli po czterech lub pięciu próbach włączenia rozrusznika silnik nie zostanie uruchomiony, to należy zaniechać dalszych prób i szukać usterek poza rozrusznikiem.



Rys. 9.11. Schemat przełącznika 12/24 V wg [21]

1 — rozrusznik, *2* — akumulator, *3* — elektromagnetyczny przełącznik akumulatorów, *4* — uzwojenie elektromagnesu, *5* — wyłącznik równoległego połączenia akumulatorów, *6* — przycisk rozruchowy

9.9. Typowe usterki rozruszników

Najczęściej spotykane usterki rozruszników to:

1. Rozrusznik po włączeniu nie działa. Prawdopodobne przyczyny to:
   — rozładowany lub uszkodzony akumulator,
   — wadliwe styki na drodze prądu w obwodzie rozruchu,
   — brak styku szczotek z komutatorem,
   — uszkodzony przycisk rozruchowy,
   — uszkodzenie uzwojenia wirnika, uzwojenia szeregowego lub komutatora,
   — uszkodzony wyłącznik elektromagnetyczny.
2. Rozrusznik zbyt wolno obraca koło zamachowe silnika. Prawdopodobne przyczyny to:
   — akumulator częściowo rozładowany,
   — nie dokręcone złącza rozrusznika,
   — zużyte szczotki,
   — zwarcie w uzwojeniu wzbudzenia lub wirnika,
   — zanieczyszczony lub opalony komutator,

3. Włączanie przycisku rozruchowego powoduje tylko stuki w rozruszniku. Prawdopodobne przyczyny to:
   — uszkodzone styki w obwodzie rozruchu,
   — rozładowany akumulator,
   — zużyte lub nadpalone styki wyłącznika elektromagnetycznego,
   — przerwa w uzwojeniu podtrzymującym,
   — rozregulowany wyłącznik elektromagnetyczny.
4. Wirnik rozrusznika obraca się, nie obracając koła zamachowego silnika. Prawdopodobne przyczyny to:
   — poślizg sprzęgła w mechanizmie sprzęgającym,
   — zużyte zęby zębnika lub wieńca koła zamachowego.
5. Nadmierny hałas w czasie pracy rozrusznika. Prawdopodobne przyczyny to:
   — zużyte tuleje rozrusznika,
   — ocieranie się wirnika rozrusznika o nabiegunniki,
   — opóźnione wyłączanie zębnika z wieńca koła zamachowego.
6. Rozrusznik nie wyłącza się po wyłączeniu przycisku rozruchowego. Prawdopodobne przyczyny to:
   — „sklejanie" się styków wyłącznika elektromagnetycznego,
   — zakleszczanie się mechanizmu sprzęgającego na wielowypuście wału silnika rozruchowego.

10. Urządzenia zapłonowe

10.1. Wiadomości ogólne

Układ zapłonowy służy do przetwarzania niskiego napięcia, dostarczanego przez źródło energii elektrycznej (akumulator lub prądnica), na wysokie napięcie oraz doprowadzania tego napięcia w odpowiednim czasie do świec zapłonowych w celu wywołania iskry niezbędnej do spowodowania zapłonu mieszanki paliwowo-powietrznej w cylindrze silnika.

Ze względu na rodzaj zastosowanego źródła prądu rozróżnia się następujące układy zapłonowe:
— akumulatorowy (bateryjny) — powszechnie stosowany, w którym źródłem prądu jest akumulator lub prądnica;
— iskrownikowy, w którym źródłem prądu jest iskrownik.

10.2. Zapłon akumulatorowy (bateryjny)

10.2.1. Elementy składowe układu zapłonowego akumulatorowego

Klasyczny układ zapłonowy akumulatorowy (rys. 10.1) składa się z:
— akumulatora (w czasie rozruchu) i prądnicy (w czasie pracy silnika pojazdu), stanowiących źródła niskiego napięcia;

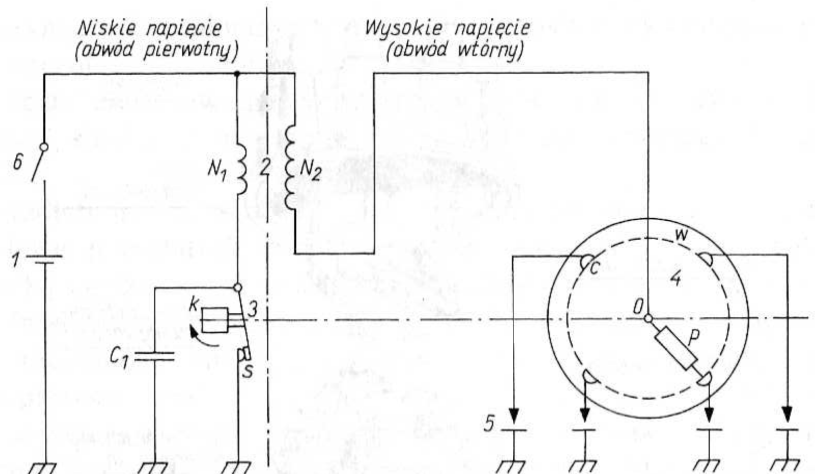
— cewki zapłonowej, przetwarzającej napięcie niskie na napięcie wysokie (z 12 V do 24 kV), niezbędne do spowodowania przeskoku iskry między elektrodami świecy;
— aparatu zapłonowego, składającego się z przerywacza w obwodzie niskiego napięcia i rozdzielacza impulsów wysokiego napięcia na poszczególne świece;
— odśrodkowego regulatora kąta wyprzedzenia zapłonu, zmieniającego czas wystąpienia iskry wraz ze zmianą prędkości obrotowej silnika;
— podciśnieniowego regulatora kąta wyprzedzenia zapłonu, zmieniającego czas wystąpienia iskry w zależności od stopnia obciążenia silnika;
— kondensatora, który włączony równolegle do styków przerywacza ogranicza iskrzenie między stykami; chroni to styki przed utlenianiem oraz przyspiesza zanikanie strumienia magnetycznego w cewce, zapewniając wzrost napięcia indukowanego w jej uzwojeniach w chwili rozwarcia styków;
— świec zapłonowych;
— wyłącznika zapłonu (w stacyjce);
— przewodów niskiego i wysokiego napięcia oraz układu przeciwzakłóceniowego.

10.2.2. Zasada działania układu zapłonowego akumulatorowego

Gdy styki wyłącznika zapłonu *6* (rys. 10.1) są zwarte, wówczas prąd z akumulatora *1* przepływa przez uzwojenie pierwotne N_1 cewki zapłonowej *2* oraz zwarte styki przerywacza *3* (młoteczek i kowadełko) do masy, z którą jest połączony drugi zacisk akumulatora.

Cewka zapłonowa *2*, stanowiąca w istocie transformator, ma uzwojenie pierwotne N_1 — o małej liczbie zwojów — oraz uzwojenie wtórne N_2 — o dużej liczbie zwojów. Prąd przepływający przez uzwojenie pierwotne powoduje powstanie strumienia magnetycznego, który obejmuje oba uzwojenia.

Kiedy krzywka, obracająca się na wałku rozdzielacza, rozewrze styki przerywacza *3*, wtedy przestanie płynąć prąd w obwodzie pierwotnym, a zanikający strumień magnetyczny cewki indukuje w jej uzwojeniach siłę elektromotoryczną. Dzięki odpowiedniemu stosun-



Rys. 10.1. Schemat połączeń układu zapłonowego wg [13]

1 — akumulator, *2* — cewka zapłonowa (N_1 — uzwojenie pierwotne, N_2 — uzwojenie wtórne), *3* — przerywacz zapłonu (*s* — styki przerywacza, *k* — krzywka wymuszająca pracę przerywacza), *4* — rozdzielacz zapłonu (*w* — kopułka z elektrodami, *p* — palec rozdzielacza, *o* — oś wałka rozdzielcza), *5* — świeca zapłonowa, *6* — wyłącznik zapłonu

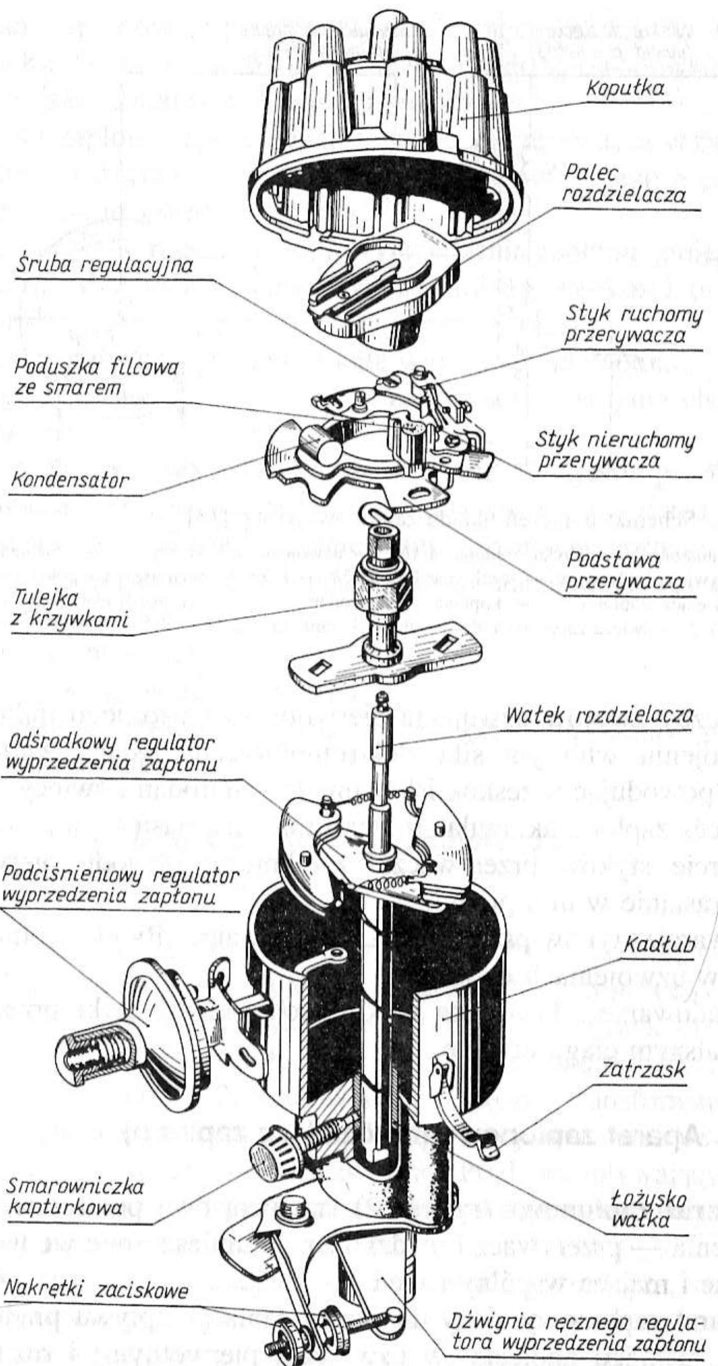
kowi liczby zwojów uzwojenia pierwotnego i wtórnego indukowana w uzwojeniu wtórnym siła elektromotoryczna osiąga wartość ok. 24 kV, powodując przeskok iskry między eletrodami świecy.

Proces zapłonu akumulatorowego ma więc następujący przebieg:
1) zwarcie styków przerywacza, zamknięcie obwodu pierwotnego i narastanie w nim prądu;
2) rozwarcie styków przerywacza, indukowanie siły elektromotorycznej w uzwojeniach cewki;
3) wyładowanie iskrowe na elektrodach świecy, styki przerywacza w dalszym ciągu otwarte.

10.2.3. Aparat zapłonowy (rozdzielacz zapłonu)

Aparat zapłonowy (rys. 10.2) stanowią dwa połączone ze sobą urządzenia — przerywacz i rozdzielacz — umieszczone we wspólnym kadłubie i mające wspólny napęd.

Aparat zapłonowy służy do przerywania przepływu prądu w obwodzie niskiego napięcia (w uzwojeniu pierwotnym) i rozdzielania prądu w obwodzie wysokiego napięcia (wytworzonego w uzwojeniu



Rys. 10.2. Części składowe rozdzielacza zapłonu wg [1]

wtórnym cewki zapłonowej) na świece — zgodnie z kolejnością pracy poszczególnych cylindrów.

Aparat zapłonowy jest umieszczony zwykle na głowicy lub z boku kadłuba silnika. Najczęściej jest on napędzany wałkiem rozrządu silnika.

Kadłub aparatu zapłonowego, w postaci metalowej tulei, stanowi obudowę pozostałych urządzeń aparatu. Od góry jest on zakryty kopułką rozdzielacza, mocowaną zatrzaskami sprężynowymi.

Przerywacz składa się z dwóch styków: nieruchomego (kowadełka) i ruchomego (młoteczka). Każdy ze styków jest wykonany z trudno topliwego metalu.

Zadaniem przerywacza jest przerywanie w odpowiedniej chwili prądu w obwodzie niskiego napięcia. Przerywacz jest umieszczony na ruchomej podstawie metalowej. Styk nieruchomy jest wprawdzie osadzony na stałe, lecz istnieje możliwość regulacji jego położenia. Jest on połączony bezpośrednio z masą. Styk ruchomy, osadzony na osi, może wykonywać ruch wahadłowy. Jest on połączony z uzwojeniem pierwotnym cewki i dokładnie odizolowany od masy.

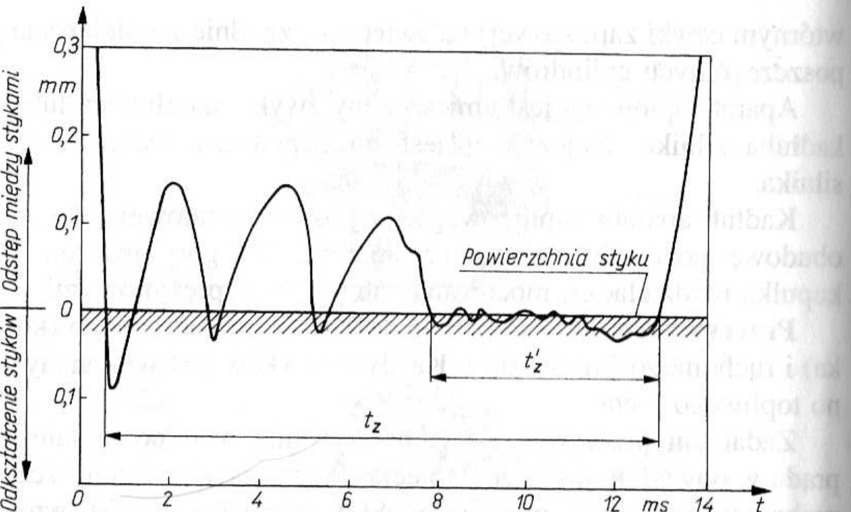
Styk ruchomy jest dociskany sprężyną do styku nieruchomego. Zderzak styku ruchomego opiera się na krzywce wałka aparatu zapłonowego. Ruchoma podstawa przerywacza jest osadzona na płytce i za pośrednictwem łożyska może zmieniać swoje położenie.

Przy zbyt dużej prędkości obrotowej młoteczek uderza w kowadełko z tak dużą siłą, iż następuje jego odbijanie się od powierzchni kowadełka (rys. 10.3), co jest niepożądane.

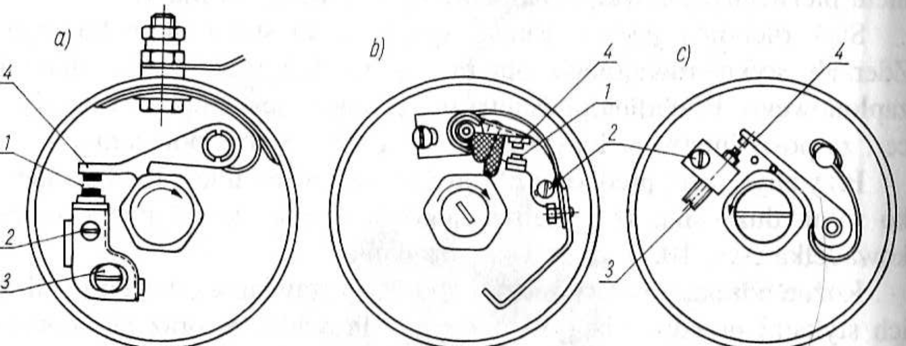
Różne odmiany przerywaczy i sposoby ustawiania odstępu między ich stykami przedstawia rys. 10.4*a,b,c*. Prawidłowe oraz nieprawidłowe przyleganie styków przerywacza ilustruje rys. 10.5.

Kondensator (rys. 10.6) składa się z dwóch taśm (tzw. okładek kondensatora) z folii metalowej, odizolowanych od siebie papierem parafinowym. Obie taśmy, zwinięte w rulon, są umieszczone w metalowej osłonie. Kondensator jest połączony równolegle ze stykami przerywacza, tzn. jedna okładka jest połączona z osłoną kondensatora, a przez nią z masą i kowadełkiem, druga zaś — z zaciskiem młoteczka.

Kondensator ładuje się po rozwarciu styków, a rozładowuje po ich zwarciu, co zapobiega iskrzeniu na stykach podczas rozwierania styków.

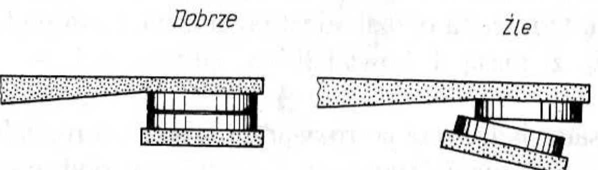


Rys. 10.3. Wykres odbijania się młoteczka przerywacza podczas zwierania styków wg [11]

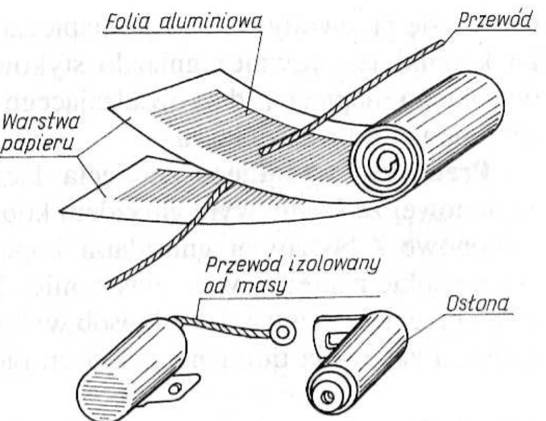


Rys. 10.4. Odmiany przerywaczy różniące się między sobą sposobem ustawiania styków wg [15]

1 — styki, *2* — wkręt regulacyjny, *3* — kowadełko, *4* — młoteczek



Rys. 10.5. Przyleganie styków przerywacza wg [1]



Rys. 10.6. Budowa kondensatora wg [1]

W aparatach zapłonowych stosuje się kondensatory o pojemności $0{,}17 \div 0{,}25$ μF (mikrofarada); w przypadku mniejszej pojemności występuje silne iskrzenie na stykach. Natomiast gdy pojemność jest zbyt duża, wówczas spada napięcie w obwodzie wysokiego napięcia.

Wałek aparatu zapłonowego (rys. 10.2). W górnej części wałka jest osadzona tulejka z krzywkami, które służą do unoszenia ruchomego styku przerywacza, a więc — do rozwierania styków. Liczba krzywek zależy od liczby cylindrów silnika spalinowego, z którym aparat zapłonowy współpracuje. Górny koniec tulejki ma specjalne wycięcie na palec rozdzielacza. Dzięki temu palec ten jest osadzony zawsze w tym samym położeniu.

Rozdzielacz (rys. 10.2) umożliwia kierowanie w odpowiednich momentach impulsów prądu w obwodzie wysokiego napięcia do poszczególnych świec. Składa się on z palca i kopułki.

Palec rozdzielacza (rys. 10.2) — wykonany z fibry, ebonitu lub innego izolatora — jest osadzony na tulejce z krzywkami i obraca się wraz z nią. Na górnej powierzchni palca rozdzielacza znajduje się płytka metalowa, która jednym końcem jest stale połączona ze stykiem środkowym kopułki, a drugi zbliża się kolejno do styków rozmieszczonych na obwodzie kopułki. Liczba tych styków odpowiada liczbie cylindrów silnika.

Kopułka rozdzielcza (rys. 10.2) musi być wykonana z materiału o dobrych właściwościach izolacyjnych (np. z ebonitu lub bakelitu), ze względu na występujące tu bardzo wysokie napięcie. Wewnętrzne styki kopułki są wyprowadzone na zewnątrz do gniazd, w których

osadza się przewody wysokiego napięcia świec zapłonowych. Pośrodku kopułki jest również gniazdo stykowe do podłączenia przewodu wysokiego napięcia, doprowadzającego wysokie napięcie z cewki zapłonowej do rozdzielacza.

Przewody wysokiego napięcia łączą uzwojenie wtórne cewki zapłonowej ze środkowym gniazdem kopułki rozdzielacza oraz świece zapłonowe z bocznymi gniazdami kopułki. Ponieważ doprowadzają one wysokie napięcie, więc muszą mieć bardzo dobrą izolację, odporną na przebicia elektryczne. Sposób wykonania przewodów wysokiego napięcia zapewnia tłumienie zakłóceń radiowych.

10.2.4. Regulatory kąta wyprzedzenia zapłonu

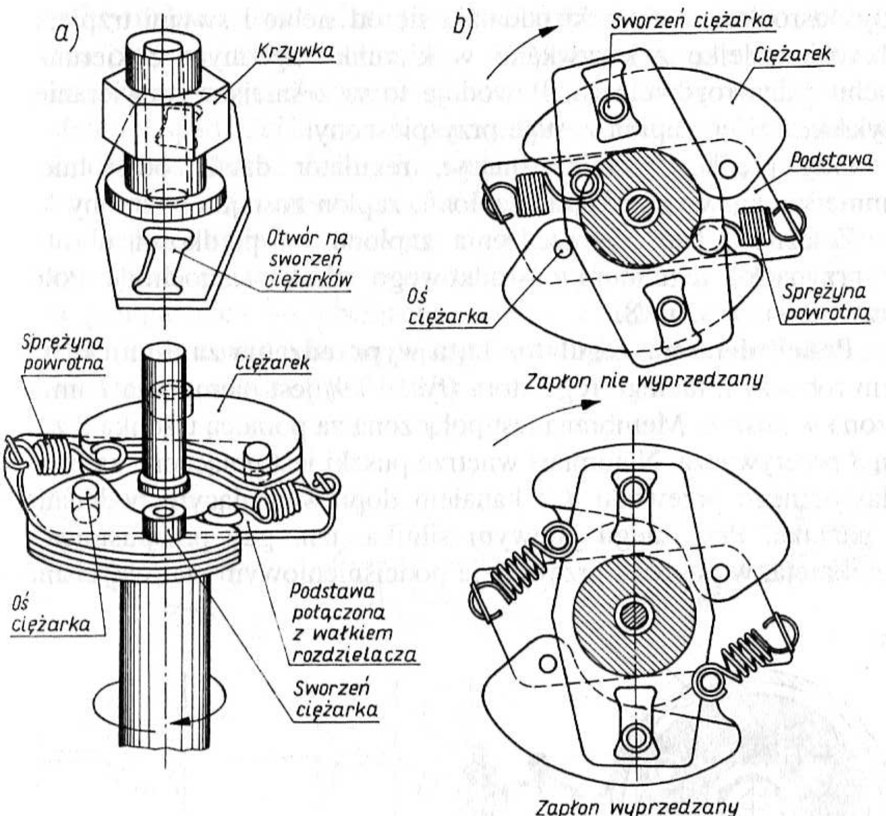
Do spalania mieszanki paliwowo-powietrznej sprężonej w cylindrze potrzebny jest pewien czas. Dlatego chwila, w której następuje zapłon (przeskok iskry między elektrodami świecy), ma duży wpływ na pracę silnika oraz ilość spalanej mieszanki. Zapłon powinien nastąpić tym wcześniej, im większa jest prędkość obrotowa wału korbowego silnika, im mniejsze jest obciążenie silnika i im większą liczbę oktanową (LO) ma paliwo.

Do regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu służą regulatory: ręczny, odśrodkowy i podciśnieniowy.

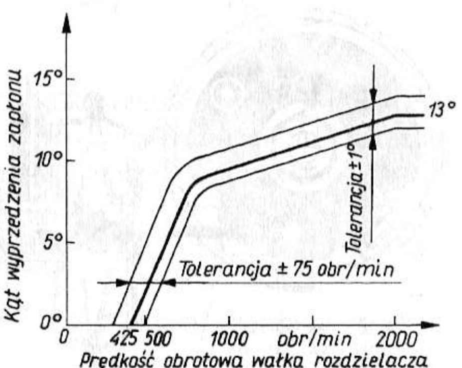
Ręczny regulator kąta wyprzedzenia zapłonu służy do ustawiania kąta wyprzedzenia zapłonu w zależności od LO paliwa. Jest on wyposażony w podziałkę w stopniach oraz w śrubę zaciskową. Przesunięcie dźwigni regulatora (rys. 10.2) powoduje obrót podstawy przerywacza względem krzywek wałka. Obrót kadłuba obudowy w kierunku obrotu palca rozdzielacza powoduje zmniejszenie kąta wyprzedzenia zapłonu, tzn. opóźnia zapłon, obrót zaś w przeciwnym kierunku — przyspiesza zapłon.

Odśrodkowy regulator kąta wyprzedzenia zapłonu (rys. 10.7) samoczynnie reguluje kąt wyprzedzenia zapłonu w zależności od prędkości obrotowej wału korbowego silnika, niezależnie od obciążenia silnika. Jest umieszczony wewnątrz aparatu zapłonowego, poniżej przerywacza.

Regulator taki składa się z dwóch ciężarków, osadzonych luźno i ściąganych ku sobie sprężynami. Przy zwiększaniu prędkości silnika zwiększa się prędkość obrotowa wałka rozdzielacza. Pod działaniem



Rys. 10.7. Odśrodkowy regulator kąta wyprzedzenia zapłonu wg [1]: *a*) budowa; *b*) zasada działania



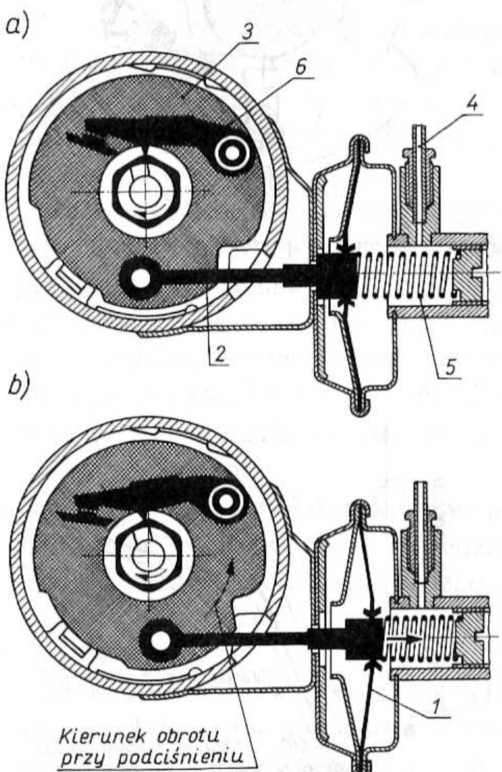
Rys. 10.8. Charakterystyka odśrodkowego regulatora kąta wyprzedzenia zapłonu rozdzielacza typu S91Bx wg [21]

siły odśrodkowej ciężarki oddalają się od siebie i swymi trzpieniami obracają tulejkę z krzywkami w kierunku zgodnym z kierunkiem ruchu palca rozdzielacza. Powoduje to wcześniejsze rozwieranie się styków, a więc zapłon zostaje przyspieszony.

Gdy prędkość silnika maleje, regulator działa odwrotnie — zmniejsza kąt wyprzedzenia zapłonu, zapłon zostaje opóźniony.

Zależność kąta wyprzedzenia zapłonu od prędkości obrotowej w przypadku regulatora odśrodkowego silnika samochodu Polonez przedstawia rys. 10.8.

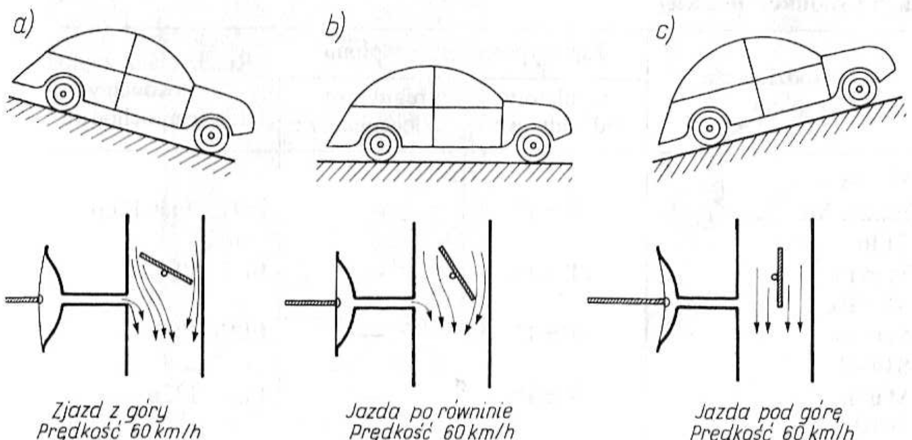
Podciśnieniowy regulator kąta wyprzedzenia zapłonu. Elementem roboczym takiego regulatora (rys. 10.9) jest membrana *1* umieszczona w puszce. Membrana jest połączona za pomocą trzonka *2* z płytką *3* przerywacza. Natomiast wnętrze puszki jest połączone za pomocą elastycznego przewodu *4* z kanałem doprowadzającym podciśnienie z gaźnika. Przy biegu jałowym silnika, tzn. gdy przepustnica jest zamknięta, w puszce i przewodzie podciśnieniowym wartość ciśnienia



Rys. 10.9. Podciśnieniowy regulator kąta wyprzedzenia zapłonu wg [1]: *a*) w stanie jałowym; *b*) w czasie pracy silnika

1 — membrana, *2* — trzonek, *3* — obrotowa płytka przerywacza, *4* — przewód podciśnieniowy, *5* — sprężyna powrotna membrany, *6* — przerywacz

jest maksymalna (równa ciśnieniu atmosferycznemu) i nie zachodzi potrzeba przyspieszania zapłonu (tj. zwiększania kąta wyprzedzenia zapłonu). Zwiększając obciążenie silnika, tzn. otwierając przepustnicę, powodujemy spadek ciśnienia w puszce (powstanie podciśnienia). Na skutek tego membrana *1* dociska sprężynę *5*, w wyniku czego trzonek *2* przesuwa się, powodując obrót płytki przerywacza *3*. W rezultacie następuje zwiększenie kąta wyprzedzenia zapłonu, co przyspiesza zapłon. Podciśnienie wzrasta pod wpływem zwiększania otwarcia przepustnicy — obciążenie silnika zwiększa się. Regulator podciśnieniowy zmienia zatem kąt wyprzedzenia zapłonu w zależności od obciążenia silnika (rys. 10.10).

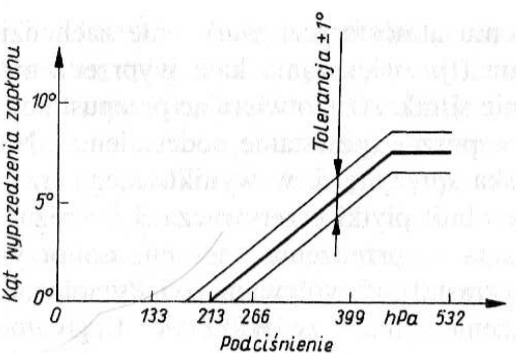


Rys. 10.10. Zasada działania regulatora podciśnieniowego wg [23]; *a*) przepustnica przymknięta, brak podciśnienia, nie ma przyspieszenia zapłonu; *b*) przepustnica częściowo otwarta, małe podciśnienie, małe przyspieszenie zapłonu; *c*) przepustnica całkowicie otwarta, duże podciśnienie, duże przyspieszenie zapłonu

Współdziałanie regulatorów odśrodkowego i podciśnieniowego zapewnia uzyskanie właściwego kąta wyprzedzenia zapłonu, zależnie od chwili prędkości obrotowej wału korbowego i chwilowego obciążenia silnika.

Charakterystykę regulatora podciśnieniowgo S91Bx przedstawia rys. 10.11.

Wybrane parametry techniczne rozdzielaczy zapłonu podano w tabl. 10.1.



Rys. 10.11. Charakterystyka podciśnieniowego regulatora kąta wyprzedzenia zapłonu rozdzielacza typu S91Bx wg [21]

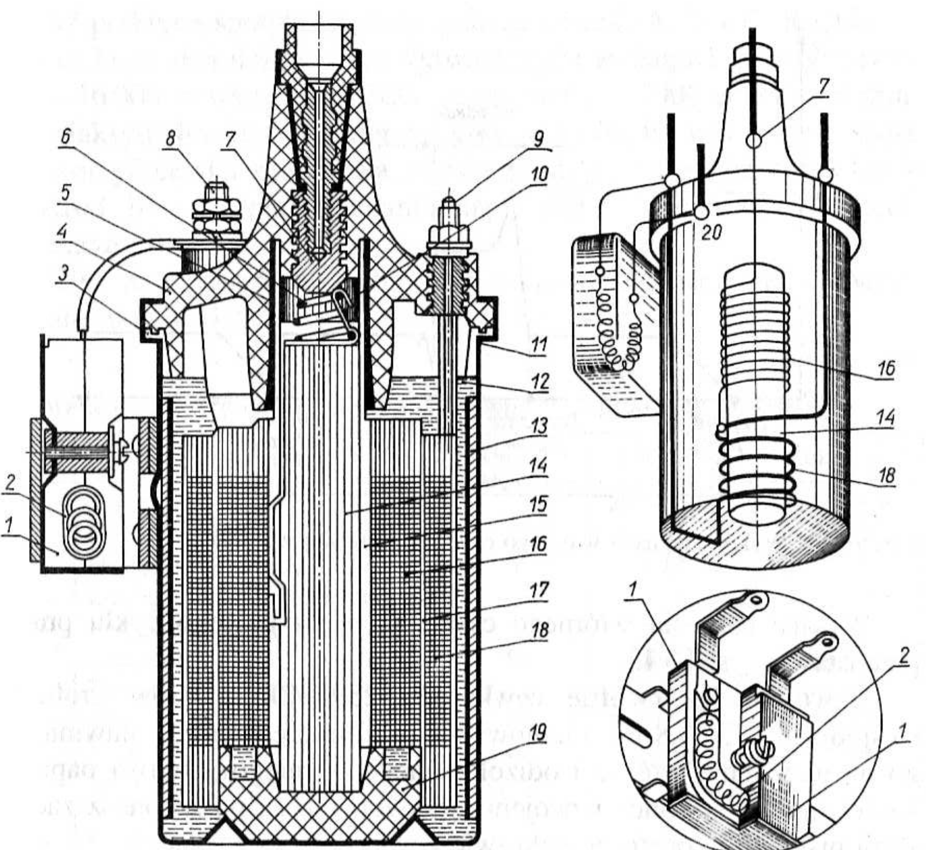
Tablica 10.1

Wybrane parametry techniczne rozdzielaczy zapłonu stosowanych w samochodach produkcji polskiej

Typ rodzielacza zapłonu	Kąt wyprzedzenia zapłonu		Rozdzielacz zapłonu stosowany w samochodzie
	regulatory odśrodkowe	regulatory podciśnieniowe	
S152A Elmot, Marelli	9°±1°	—	Polski Fiat 126p
S146A Marelli	14°±1°	—	FIAT 127p
S135Bx Marelli	14°±1°	—	FIAT 128p
S147H Marelli	14°±1°	—	FIAT 132p
S91B Elmot	10°30'±1°	7°30'±1°	FSO 1500
S91Bx Elmot	13°±1°	7°30'±1°	FSO 1500
4492 Elmot	12°±1°	—	Polonez 1500

10.2.5. Cewka zapłonowa

Cewka zapłonowa (rys. 10.12) służy do przetwarzania niskiego napięcia (6 lub 12 V), dostarczanego przez akumulator lub alternator, na wysokie napięcie (15 ÷ 20 kV), aby wymusić przeskok iskry między elektrodami świecy zapłonowej. Cewka stanowi zespół nierozbieralny i składa się z rdzenia, uzwojenia pierwotnego i wtórnego, obudowy z pokrywami oraz rezystora.

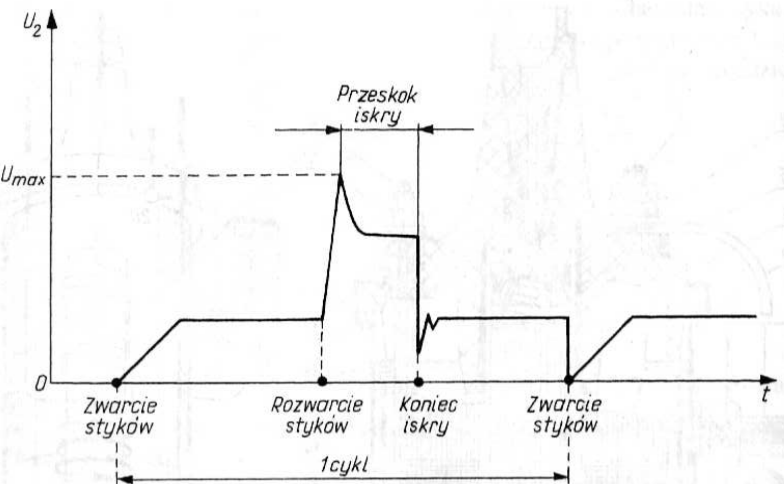


Rys. 10.12. Cewka zapłonowa wg [1]

1 — uchwyt ceramiczny, *2* — rezystor, *3* — olejoodporny pierścień gumowy, *4* — pokrywa, *5* — tuleja izolacyjna, *6* — sprężyna, *7* — gniazdo wysokiego napięcia, *8, 9, 20* — zaciski niskiego napięcia, *10* — płytka, *11* — obudowa, *12* — olej transformatorowy, *13* — przewod magnetyczny, *14* — rdzeń, *15, 17* — tekturowe rurki, *16* — uzwojenie wtórne, *18* — uzwojenie pierwotne, *19* — izolator porcelanowy

Rdzeń cewki stanowi pakiet blach transformatorowych. Spełnia on identyczne zadanie jak rdzeń w elektromagnesie. Poszczególne blachy są odizolowane od siebie.

Uzwojenie wtórne cewki ma 19 000 ÷ 26 000 zwojów cienkiego (o średnicy 0,1 ÷ 0,2 mm) izolowanego drutu miedzianego, nawiniętego na tuleję izolacyjną nałożoną na rdzeń cewki. Jeden koniec uzwojenia jest wyprowadzony do gniazda wysokiego napięcia w pokrywie cewki, a drugi połączony z uzwojeniem pierwotnym wewnątrz cewki.



Rys. 10.13. Wykres napięcia wtórnego cewki zapłonowej wg [22]

Wykres napięcia wtórnego cewki w ciągu jednego cyklu pracy przedstawia rys. 10.13.

Uzwojenie pierwotne cewki ma 250 ÷ 400 zwojów grubego (o średnicy 0,2 ÷ 0,8 mm) izolowanego drutu miedzianego, nawiniętego na uzwojenie wtórne i odizolowanego od niego warstwą papieru kablowego. Oba końce uzwojenia pierwotnego są połączone z zaciskami niskiego napięcia w pokrywie cewki.

Cewka jest ujęta w dwa blaszane półpierścienie ze stali elektromagnetycznej, które zamykają jej obwód magnetyczny.

Obudowa cewki to puszka metalowa, szczelnie zamknięta pokrywą bakelitową. Na dnie obudowy spoczywa izolator, na którym opiera się cewka. Wnętrze wraz z cewką jest zalane masą uszczelniającą lub olejem transformatorowym w celu zabezpieczenia uzwojenia przed wilgocią i zwarciem.

Rezystor dodatkowy — stosowany w niektórych cewkach — włączony szeregowo w obwód niskiego napięcia, umożliwia samoczynną regulację prądu w uzwojeniu pierwotnym cewki, w zależności od czasu trwania zwarcia styków przerywacza. Podczas rozruchu silnika, gdy na skutek pracy rozrusznika napięcie akumulatora znacznie maleje, włącznik rozrusznika zwiera rezystor dodatkowy cewki i całe (dysponowane) napięcie zostaje przekazane do uzwojenia pierwotnego, co zapewnia wytworzenie silnej iskry.

W praktyce spotyka się trzy rodzaje cewek: A, B i C. Różnią się one maksymalną liczbą iskier wytwarzanych w ciągu 1 minuty: cewka A — 16 000, cewka B — 12 000, a cewka C — 8000 iskier na 1 min.

Maksymalna liczba iskier na minutę to liczba iskier, jaką może wytworzyć cewka zapłonowa na iskierniku pomiarowym o rozstawie elektrod 10 mm, przy zasilaniu napięciem znamionowym, w temperaturze 20 ± 5°C.

Wybrane parametry techniczne krajowych cewek zapłonowych podano w tabl. 10.2.

Tablica 10.2

Wybrane parametry techniczne cewek zapłonowych produkcji polskiej

Lp.	Parametr	Jednostka	FSO 125p	Żuk, Star
1	Typ cewki	—	ZEMFE65P	42-04 lub 42-06
2	Napięcie znamionowe	V	12	12
3	Liczba krzywek przerywacza	—	4	4
4	Rezystancja obwodu niskiego napięcia	Ω	3,1 ÷ 3,4	1,6 ÷ 2
5	Rezystancja obwodu wysokiego napięcia	Ω	6750 ÷ 8250	9400
6	Rezystancja dodatkowa	Ω	—	1 ÷ 1,4
7	Liczba zwojów uzwojenia niskiego napięcia	Z_1	—	330
8	Liczba zwojów uzwojenia wysokiego napięcia	Z_2	—	19 000
9	Przekładnia Z_2/Z_1	—	—	—
10	Rezystancja izolacji	MΩ	50	50

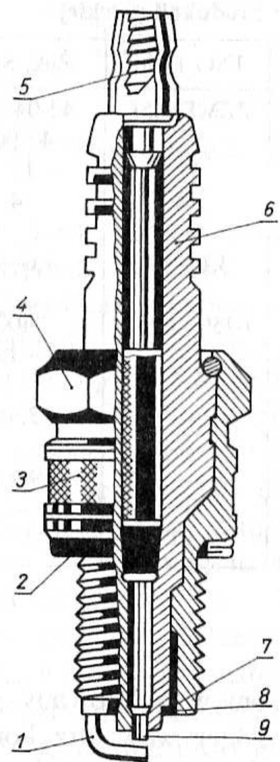
10.2.6. Świece zapłonowe

Świeca zapłonowa (rys. 10.14) — wkręcona w gwintowany otwór głowicy silnika — służy do wytwarzania iskier wewnątrz komory spalania. Iskra wytworzona między elektrodami świecy rozpoczyna proces spalania mieszanki paliwowo-powietrznej.

Korpus świecy jest wykonany ze stali i ma kształt walca. Dolna walcowa część korpusu jest nagwintowana. Górna część korpusu ma przekrój sześciokątny, umożliwiający wkręcanie i odkręcanie świecy kluczem. Wydrążenie w części gwintowanej tworzy komorę cieplną świecy.

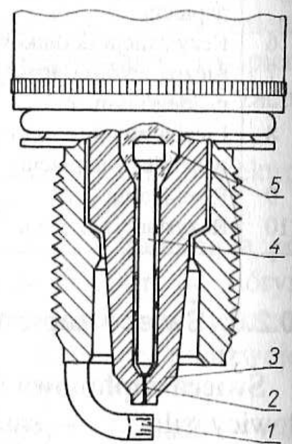
Izolator świecy jest wykonany z materiału ceramicznego odpornego na działanie wysokiej temperatury, wysokiego ciśnienia i wysokiego napięcia.

W świecach o budowie tradycyjnej stożek izolatora znajduje się wewnątrz komory cieplnej, natomiast w nowszych konstrukcjach stożkowy koniec izolatora wystaje poza tę komorę (rys. 10.14). Konstrukcja taka zapewnia optymalne warunki zapłonu mieszanki i polepsza przebieg jej spalania. Świece takie mogą być stosowane w silnikach, w których konstrukcja zaworów wylotowych zapewnia odpowiednie ich chłodzenie.



Rys. 10.14. Budowa świecy zapłonowej wg [1]

1 — elektroda boczna, *2* — podkładka uszczelniająca, *3* — cylindryczna część korpusu, *4* — sześciokątna część korpusu, *5* — gwintowana końcówka rdzenia, *6* — izolator, *7* — masa uszczelniająca, *8* — komora cieplna, *9* — elektroda środkowa



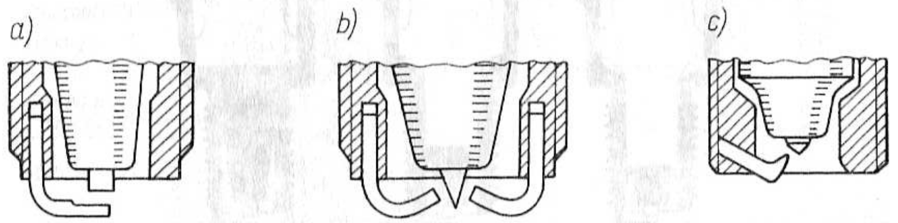
Rys. 10.15. Świeca z elektrodą platynową wg [7]

1 — zaostrzona elektroda boczna, *2* — pręt platynowy (elektroda główna), *3* — izolator ceramiczny, *4* — pręt metalowy, *5* — połączenie ze szkła przewodzącego prąd

Elektroda główna to dobrze przewodzący pręt metalowy, przechodzący przez środek izolatora. W górnej części pręt jest zakończony zaciskiem do przyłączenia przewodu wysokiego napięcia. Dolna część pręta wystaje z izolatora.

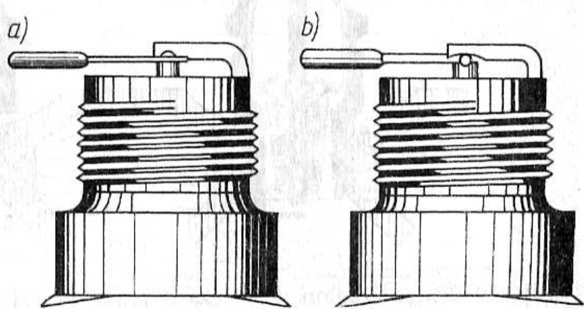
Nowością jest świeca zapłonowa, której elektroda główna jest powlekana platyną (tzw. świeca platynowa) i nie wystaje poniżej dolnej końcówki izolatora świecy (rys. 10.15). Dzięki temu zmniejsza się zarówno nagrzewanie świecy, jak możliwość „przebicia" do masy. Natomiast dwukrotnie zwiększa się cieplny zakres pracy świecy.

Elektroda boczna — zamocowana w dolnej gwintowanej części korpusu świecy — jest połączona bezpośrednio z masą. Świece mogą mieć jedną, dwie lub trzy elektrody boczne. Różny może też być układ tych elektrod (rys. 10.16).



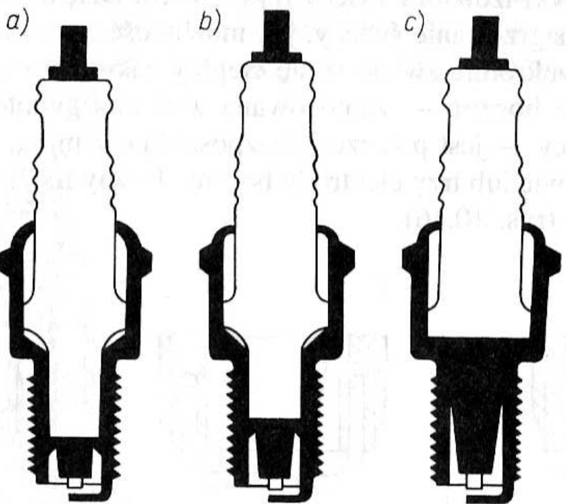
Rys. 10.16. Układy elektrod świec zapłonowych wg [1]: *a*) czołowy; *b*) hakowy; *c*) ostrzowy

Odstęp elektrod świecy zapłonowej (przerwa iskrowa) to odległość między elektrodą główną a boczną. Odstęp elektrod jest dla każdego silnika podany w instrukcji obsługi; mieści się on przeważnie w granicach $0{,}6 \div 0{,}8$ mm. Sposób sprawdzania (pomiaru) odstępu elektrod przedstawia rys. 10.17.

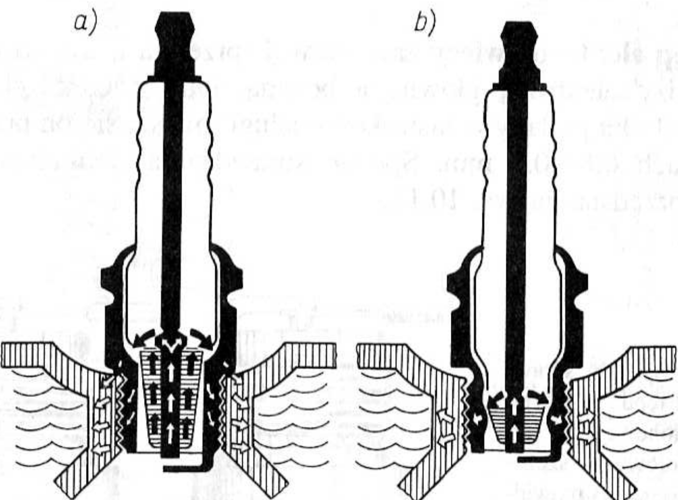


Rys. 10.17. Sposób sprawdzania odstępu elektrod świecy zapłonowej wg [1]: *a*) nieprawidłowy — szczelinomierz płaski; *b*) prawidłowy — szczelinomierz okrągły

Wartość cieplna świecy zapłonowej to umowna miara zdolności odprowadzania ciepła. Im świeca ma większą wartość cieplną, tym lepiej odprowadza ciepło. Zdolność odprowadzania ciepła przez świecę zależy od długości dolnej części izolatora (tzw. stożka). Im stożek izolatora jest krótszy, tym dłuższa jest droga odprowadzania ciepła i tym bardziej świeca się rozgrzewa (rys. 10.18).



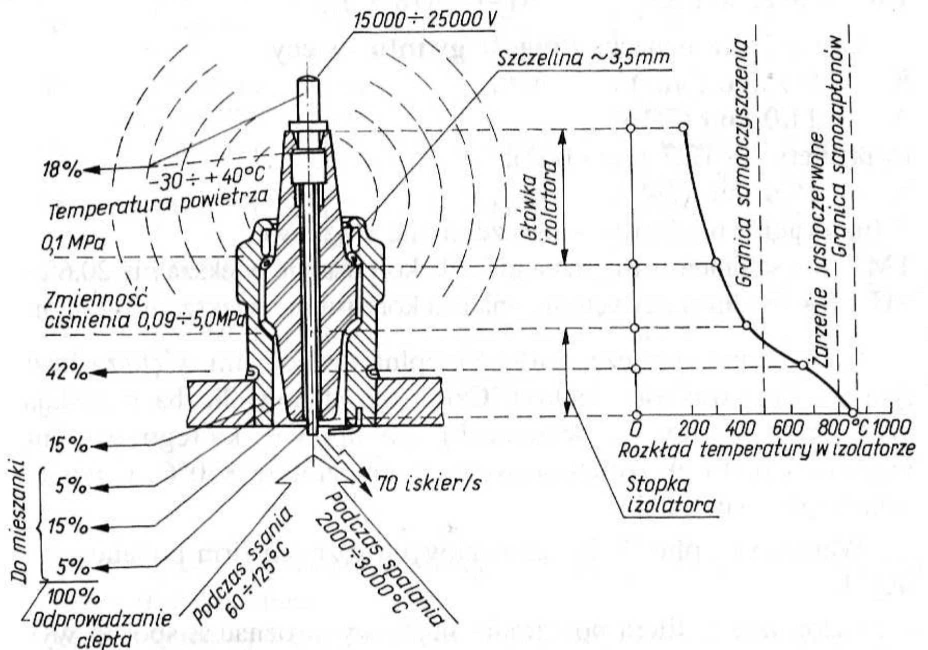
Rys. 10.18. Świece zapłonowe wg [7]: *a)* zimna; *b)* pośrednia; *c)* gorąca



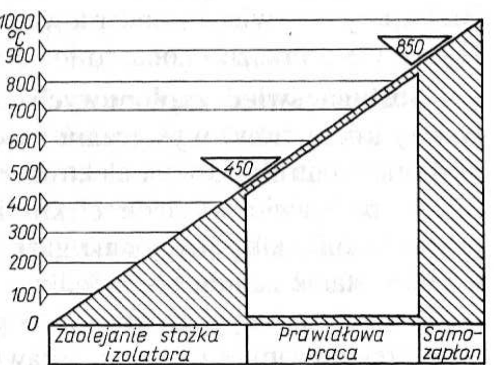
Rys. 10.19. Świece zapłonowe w czasie pracy wg [7]: *a)* gorąca; *b)* zimna

Sposób odprowadzania ciepła przez świece w czasie pracy przedstawia rys. 10.19. Termiczne warunki pracy świecy zapłonowej ilustruje rys. 10.20.

Wartość cieplna musi być tak dobrana do danego silnika, aby stożek świecy nagrzewał się do temperatury 500 ÷ 800°C. W takiej temperaturze zachodzi zjawisko samooczyszczania się świecy. Wykres ilustrujący pracę świecy, dobranej prawidłowo oraz nieprawidłowo, przedstawia rys. 10.21.



Rys. 10.20. Warunki pracy świecy zapłonowej wg [7]



Rys. 10.21. Wykres ilustrujący pracę świecy w przypadku prawidłowego i nieprawidłowego jej doboru wg [7]. Zaolejenie stożka izolatora występuje w przypadku świecy o zbyt dużej wartości cieplnej (za „zimnej"). Samozapłon jest skutkiem wkręcenia świecy za gorącej. Przegrzane elektrody są przyczyną zapłonu mieszanki

Oznakowanie świec zapłonowych nie jest znormalizowane i poszczególne firmy stosują własne oznaczania.

Polski system znakowania świec składa się z dwóch lub trzech członów.

Człon pierwszy składa się z jednej, dwóch lub trzech liter. Pierwsza litera oznacza **średnicę i skok gwintu**:

T — M10 × 1,0 F — M14 × 1,25
TW — M12 × 1,25 M — M18 × 1,5

Druga litera oznacza **długość gwintu** świecy:

S — 9,5 mm (3/8″),
A — 11,0 mm (7/16″),
Brak litery — 12,7 mm (1/2″),
E — 19,0 mm (3/4″),
T (na drugim miejscu) — uszczelnienie stożkowe,
TMT — średnica zewnętrzna gniazda korpusu nie większa niż 20,6 mm,
MT — średnica zewnętrzna gniazda korpusu nie większa niż 20,2 mm.

Człon drugi oznacza wartość cieplną świecy (im większa liczba, tym większa wartość cieplna). Człon ten stanowi liczba określająca czas pracy świecy (w sekundach), po upływie którego w silniku wzorcowym stożek izolatora osiągnie temperaturę 850°C, powodując samozapłon mieszanki.

Wartości cieplne świec zapłonowych różnych firm podano w tablicy 10.3.

Człon trzeci, litera po członie liczbowym, oznacza sposób wykonania (przeznaczenie):

P — świeca z wystającym stożkiem izolatora,
Brak litery — świeca standardowa,
H — świeca przeznaczona do łodzi motorowych.

Obsługa świec zapłonowych polega na okresowym (co kilka tysięcy kilometrów) wykręcaniu świec, oczyszczeniu izolatora i elektrod oraz kontroli odstępu elektrod za pomocą szczelinomierza.

Na podstawie wyglądu elektrod i izolatora świecy zapłonowej można ocenić, jak funkcjonuje gaźnik, jak jest ustawiony zapłon oraz w jakim stanie znajduje się silnik:

— Prawidłowy wygląd świecy (popielaty osad) świadczy o dobrze wyregulowanym i w pełni sprawnym silniku.

Tablica 10.3

Wartości cieplne świec zapłonowych

Oznaczenie			Oznaczenie		
Iskra	Bosch	Champion	Iskra	Bosch	Champion
FS 50	W145T3	18	F65P	W175T35	L87Y
FS 70	W175T3	17	F55P	W145T35	L92Y
					L95Y
FS 75	W225T3	16	FE50	W125T2	N8
F 20	W95T1	L14	FE70	W145T2	N5, N6
					N84
F 50	W125T1	L10	FE55P	W160T30	N11Y
	W145T1	L90		W175T30	N12Y
F 70	W175T1	L88	FE65P	W200T30	N9Y
				W225T30	N10Y
F 75	W225T1	L7	M50	M145T1	7COM,
		L85			D-14 K13
F 80	W240T1	L5	M60	M175T1	D10
		L81			UK10
F 100	W260T1	L4	M75	M225T1	D9
		L81			UK9
			M80	M240T1	D6, K7
					UK7

— Silne zużycie elektrody bocznej jest spowodowane zbyt długim okresem eksploatacji świecy.
— Czarny matowy nalot świadczy o niepełnym spalaniu paliwa. Jeśli wszystkie świece są takie same, to należy sprawdzić działanie gaźnika i wyregulować zapłon.
— Pokrycie świecy czarnym tłustym osadem świadczy o spalaniu wraz z paliwem nadmiernej ilości oleju. Może to być spowodowane zużyciem gładzi cylindrów i pierścieni tłokowych albo wykruszeniem się gumowych uszczelniaczy prowadnic zaworowych.
— Stopienie elektrod jest objawem termicznego przeciążenia świec zapłonowych oraz pozostałych elementów komory spalania. Zjawisko takie występuje pod wpływem zbyt wczesnego zapłonu, wadliwego działania układu rozrządu, a także na skutek stosowania paliwa o liczbie oktanowej znacznie niższej od zalecanej przez producenta.

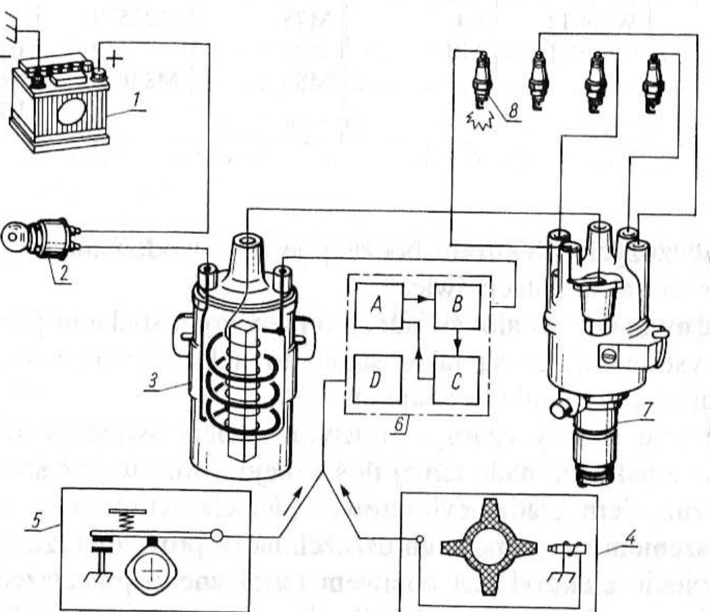
Po określonym przez producenta czasie świeca pod wpływem trudnych warunków pracy (zmienna temperatura i ciśnienie gazów) traci swe właściwości użytkowe.

Świece należy wymieniać co ok. 15 000 km przebiegu samochodu w silnikach czterosuwowych i co ok. 10 000 km w silnikach dwusuwowych. Świece platynowe wymienia się co ok. 100 000 km.

10.3. Elektroniczne układy zapłonowe

10.3.1. Wiadomości ogólne

W nowoczesnych samochodach spotyka się zapłon akumulatorowy z układem elektronicznym. Wraz ze wzrostem stopnia sprężania w silnikach spalinowych niezbędne stało się zwiększenie napięcia zapłonu. Duża energia iskry z elektronicznego układu zapłonowego



Rys. 10.22. Schemat półelektronicznego zapłonu II generacji wg [7]

1 — akumulator, *2* — wyłącznik zapłonu, *3* — cewka zapłonowa, *4* — magnes stały, *5* — przerywacz, *6* — elektroniczna jednostka sterująca (*A* — obliczanie liczby impulsów, *B* — obliczanie energii impulsów, *C* — obliczanie kąta wyprzedzenia zapłonu, *D* — obliczanie czasu trwania impulsów), *7* — rozdzielacz zapłonu, *8* — świece zapłonowe

zapobiega zwarciom, które mogą się pojawiać na świecach wskutek dodawania do paliw domieszek antydetonacyjnych. Zapłon taki umożliwia też stosowanie uboższych mieszanek paliwowych, co zmniejsza koszty eksploatacji pojazdu.

Zapłon elektroniczny, nawet w najprostszej wersji, przez długi okres eksploatacji utrzymuje stałe parametry, takie jak stała energia iskry, a zwłaszcza stały punkt zapłonu.

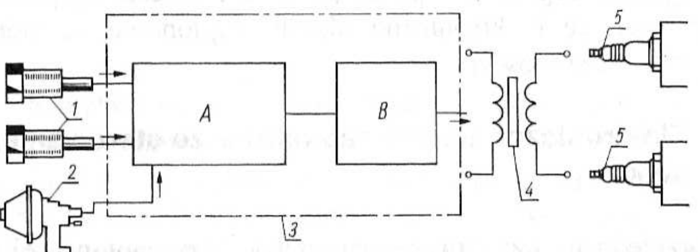
Uwzględniając kolejne etapy rozwoju, elektroniczne układu zapłonowe można podzielić na następujące generacje:

0 generacja — przystawki przewidziane do współpracy z rozdzielaczami stykowymi.

I generacja — układy bezstykowe o regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu za pomocą znanych regulatorów mechanicznych — odśrodkowego i podciśnieniowego.

II generacja — układy bezstykowe o elektronicznej regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu wg stałych — założonych konstrukcyjnie — charakterystyk (rys. 10.22).

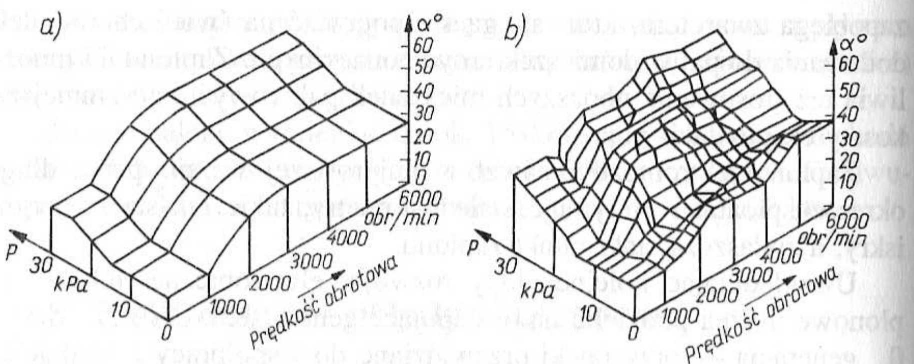
III generacja — układy bezstykowe o elektronicznej regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu, dostosowujące każdorazowo chwilę zapłonu do wymagań silnika (rys. 10.23). W ten sposób są optymalizowane: zużycie paliwa, czystość spalin i sprawność energetyczna.



Rys. 10.23. Schemat bezstykowego zapłonu elektronicznego III generacji wg [7]

1 — czujniki prędkości obrotowej koła zamachowego, *2* — czujnik podciśnienia, *3* — elektroniczna jednostka sterująca (*A* — obliczanie kąta wyprzedzenia zapłonu, *B* — obliczanie energii impulsów), *4* — cewka zapłonowa, *5* — świece zapłonowe

Jak ważne jest określenie chwili zapłonu, świadczy rezultat zastosowania elektronicznej jednostki sterującej, która koryguje zapłon w zależności od prędkości obrotowej silnika i podciśnienia w układzie dolotowym, co obrazuje rys. 10.24. Z porównania obydwu wykresów



Rys. 10.24. Wykresy przestrzenne ilustrujące zależność kąta wyprzedzenia zapłonu od prędkości obrotowej silnika i podciśnienia w układzie dolotowym silnika: *a)* w przypadku zapłonu tradycyjnego wg [7]; *b)* w przypadku zapłonu elektronicznego wg [21]

p — podciśnienie w układzie dolotowym, α — kąt wyprzedzenia zapłonu

wynika, że w przypadku zastosowania zapłonu elektronicznego punkt zapłonu jest zawsze lepiej dobrany do chwilowych warunków pracy silnika. Dzięki temu samochód:

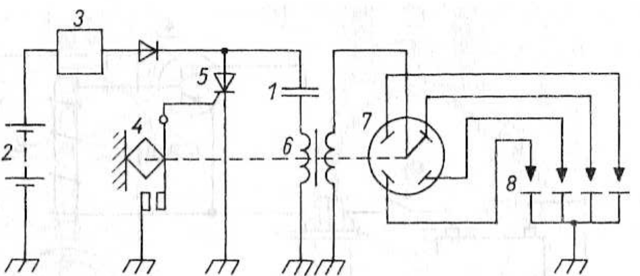
— zużywa mniej paliwa,
— szybciej osiąga dużą prędkość,
— łatwiej się uruchamia (w trudnych warunkach atmosferycznych),
— spala uboższą mieszankę (mniejsze zanieczyszczenie środowiska),
— nie wymaga regulacji zapłonu (w całym okresie eksploatacji).

Rozróżnia się elektroniczne układy zapłonowe ze sterowaniem stykowym i bezstykowym.

10.3.2. Elektroniczne układy zapłonowe ze sterowaniem stykowym

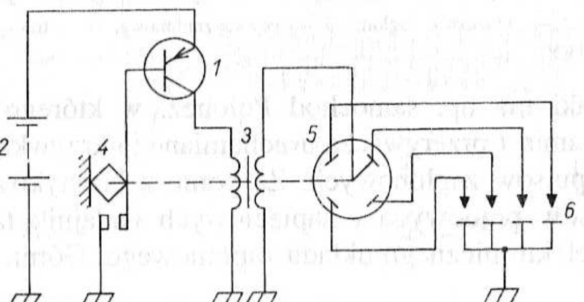
Ze względu na uzyskiwane parametry iskry zapłonowej rozróżnia się elektroniczne układy zapłonowe o wyładowaniu pojemnościowym oraz indukcyjnym.

Układ o wyładowaniu pojemnościowym — zwany też kondensatorowym lub tyrystorowym (rys. 10.25) — umożliwia zwiększenie odstępu elektrod świec do 1 ÷ 1,5 mm. Zwiększa to energię iskry i ułatwia samooczyszczanie się elektrod. Krótki czas trwania iskry zapłonowej osłabia jej erozyjne oddziaływanie na elektrody, dzięki czemu zwiększa się trwałość świec.



Rys. 10.25. Schemat ilustrujący zasadę działania kondensatorowego układu zapłonowego wg [21]

1 — kondensator, *2* — akumulator, *3* — przetwornica, *4* — przerywacz, *5* — tyrystor, *6* — cewka zapłonowa, *7* — rozdzielacz wysokiego napięcia, *8* — zespół świec zapłonowych



Rys. 10.26. Schemat ilustrujący zasadę działania indukcyjnego układu zapłonowego

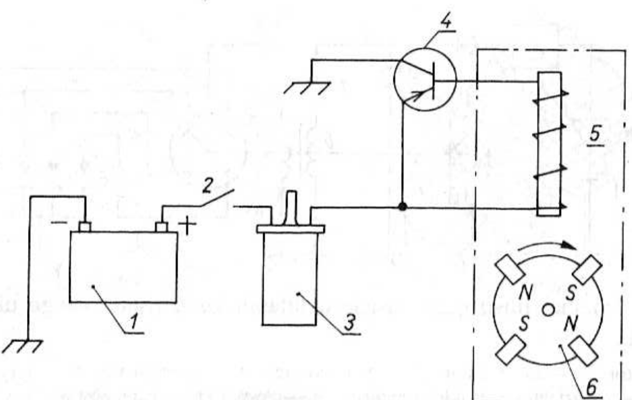
1 — tranzystor, *2* — akumulator, *3* — cewka zapłonowa, *4* — przerywacz, *5* — rozdzielacz wysokiego napięcia, *6* — zespół świec zapłonowych

Układ o wyładowaniu indukcyjnym — zwany tranzystorowym (rys. 10.26) — umożliwia wydłużenie czasu trwania iskry i stabilizację jej energii. Ułatwia to zapłon mieszanki ubogiej.

Wymienione układy mają **sterowanie stykowe** (wibracyjne), tzn. są wyposażone w przerywacz, który otwiera i zamyka obwód prądu przez tranzystor lub tyrystor.

10.3.3. Elektroniczne układy zapłonowe ze sterowaniem bezstykowym

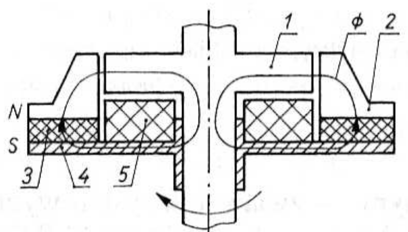
Układy ze sterowaniem bezstykowym (niewibracyjnym) są wyposażone w moduły elektroniczne sterujące tranzystorem (rys. 10.27) lub tyrystorem.

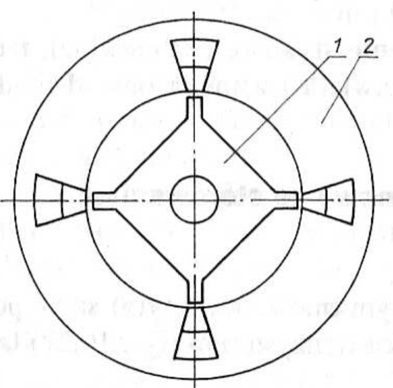


Rys. 10.27. Schemat uproszczonego zapłonu tranzystorowego bezstykowego wg [15]

1 — akumulator, *2* — wyłącznik zapłonu, *3* — cewka zapłonowa, *4* — tranzystor, *5* — czujnik, *6* — magnes wirujący

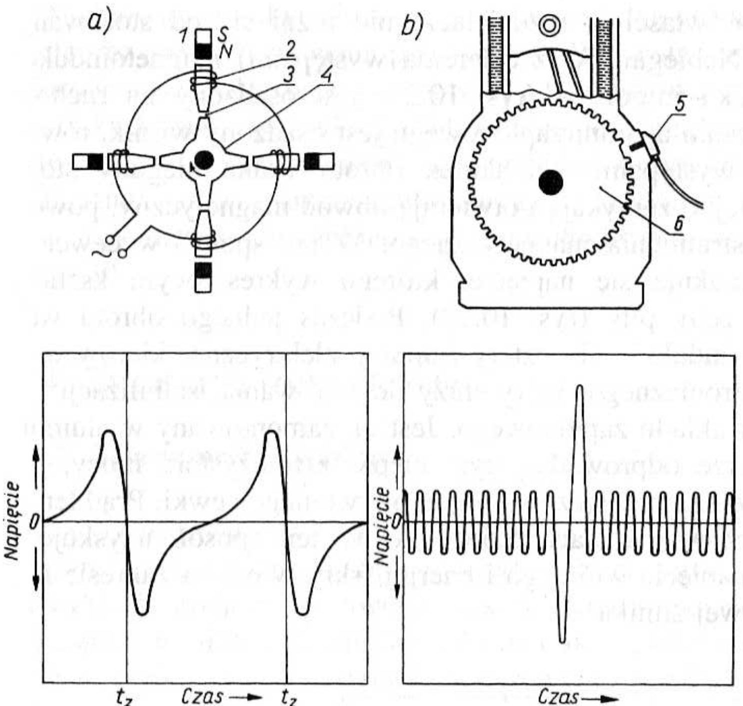
Układ taki ma np. samochód Polonez, w którego aparacie zapłonowym zamiast przerywacza uruchamianego krzywką zastosowano nadajnik impulsów zapłonowych. Za pomocą bezstykowo wytwarzanych impulsów prądowych i napięciowych nadajnik taki powoduje zadziałanie elektronicznego układu zapłonowego. Górna część aparatu

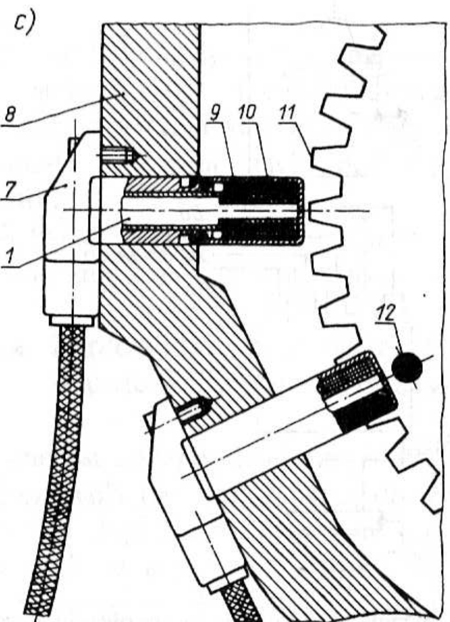




Rys. 10.28. Schemat czujnika magnetoindukcyjnego wg [21]

1 — wirnik, *2* — pierścień stojana z nabiegunnikiem, *3* — magnes trwały, *4* — podstawa stojana, *5* — cewka

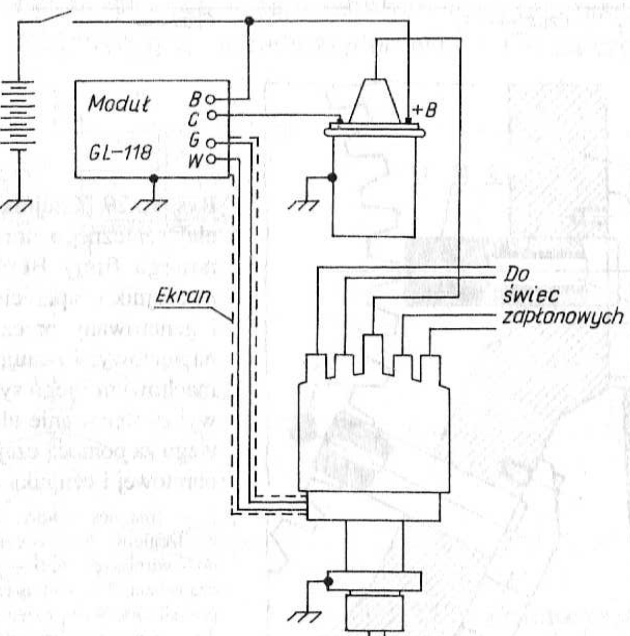




Rys. 10.29. Czujnik reluktancyjny elektronicznego urządzenia zapłonowego firmy BOSCH wg [11]: *a*) czujnik w aparacie zapłonowym i generowany przez niego sygnał napięciowy; *b*) czujnik w kole zamachowym i jego sygnał napięciowy; *c*) sterowanie układu zapłonowego za pomocą czujnika prędkości obrotowej i czujnika chwili zapłonu

1 — magnes trwały, *2* — uzwojenie z rdzeniem, *3* — szczelina powietrzna, *4* — wirnik zębaty, *5* — czujnik, *6* — tarcza zębata, *7* — korpus czujnika, *8* — korpus silnika, *9* — rdzeń z miękkiej stali, *10* — uzwojenie czujnika, *11* — wieniec zębaty koła zamachowego, *12* — znacznik chwili zapłonu

zapłonowego (właściwy rozdzielacz) nie różni się od stosowanych dotychczas. Nabiegunnik (z czterema występami) magnetoindukcyjnego nadajnika impulsów (rys. 10.28) jest osadzony na ruchomej płytce. Na wałku aparatu zapłonowego jest osadzony wirnik, również z czterema występami. Na skutek obrotu wałka bieguny stojana i wirnika kolejno zamykają i otwierają obwód magnetyczny, powodując zmianę strumienia magnetycznego. W ten sposób w cewce zapłonowej indukuje się napięcie, którego wykres swym kształtem przypomina zęby piły (rys. 10.29). Podczas jednego obrotu wałka rozdzielacza indukują się cztery impulsy elektryczne, kierowane do modułu elektronicznego, który służy do sterowania, stabilizacji i zabezpieczenia układu zapłonowego. Jest on zamontowany w aluminiowym radiatorze odprowadzającym ciepło z tranzystora mocy, spełniającego zadanie przełącznika prądu pierwotnego cewki. Prąd ten jest stabilizowany w granicach 5,5 ÷ 6 A. W ten sposób uzyskuje się stabilizację napięcia wtórnego i energii iskry w całym zakresie prędkości obrotowej silnika.



Rys. 10.30. Schemat tranzystorowego układu zapłonowego o sterowaniu bezstykowym — samochodu Polonez wg [8]

W omówionym układzie zastosowano specjalną cewkę zapłonową o małej rezystancji uzwojenia pierwotnego. Wewnątrz cewki znajduje się bezpiecznik, który przerywa obwód, gdy w wyniku awarii modułu na zaciskach cewki pojawi się zbyt duże napięcie pierwotne.

Impulsy wysokiego napięcia są rozdzielane na poszczególne świece tak samo, jak w aparacie zapłonowym z mechanicznym przerywaczem. Schemat układu zapłonowego samochodu Polonez przedstawia rys. 10.30.

10.4. Zapłon iskrownikowy

10.4.1. Wiadomości ogólne

Zapłon iskrownikowy jest stosowany w pojazdach nie mających rozrusznika elektrycznego, np. w niektórych ciągnikach, ratrakach, motocyklach. Znajduje on również zastosowanie w pojazdach, w których zapłon musi być niezależny od stanu akumulatora, np. w samochodach wyścigowych, łodziach motorowych, silnikach lotniczych — to znaczy w silnikach wysokoobrotowych o dużej liczbie cylindrów.

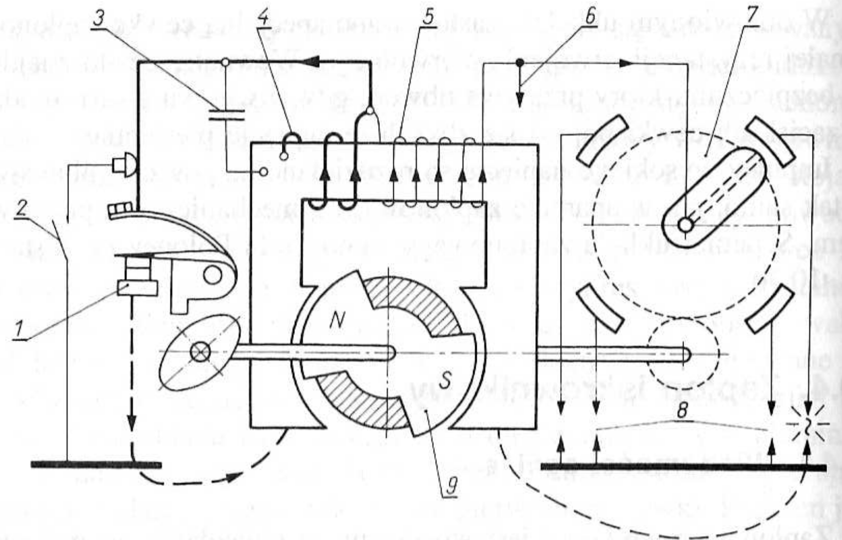
Ze względu na sposób gromadzenia energii, niezbędnej do wywołania zapłonu, układy iskrownikowe dzieli się na:
— układy z energią magazynowaną w polu magnetycznym cewki,
— układy z energią magazynowaną w polu elektrycznym kondensatora.

W książce tej omówimy tylko pierwszy z wymienionych układów, jako znacznie częściej spotykany.

10.4.2. Zapłon iskrownikowy z energią magazynowaną w polu magnetycznym cewki

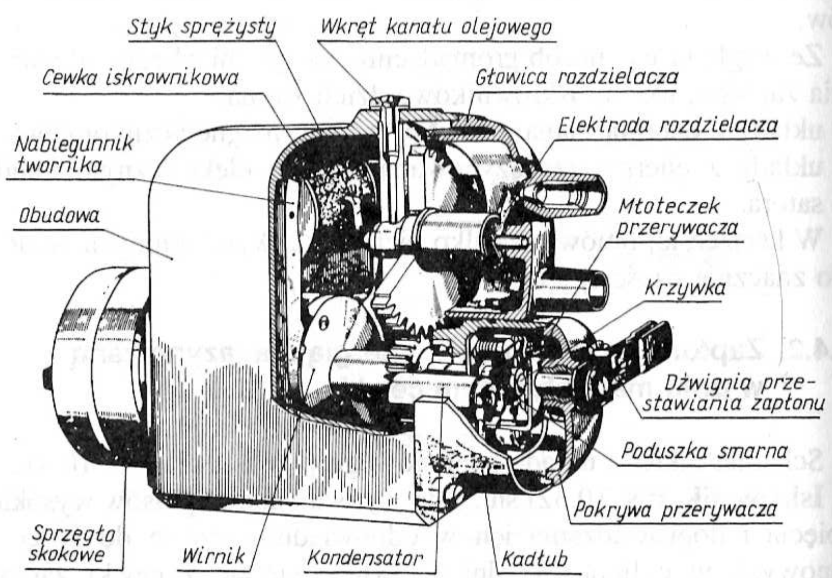
Schemat takiego układu zapłonowego przedstawia rys. 10.31.

Iskrownik (rys. 10.32) służy do wytwarzania impulsów wysokiego napięcia i doprowadzania ich w odpowiednim czasie do świec zapłonowych w cylindrach silnika. Składa się on z cewki zapłonowej, magnesu trwałego, przerywacza z kondensatorem, rozdzielacza (w silnikach wielocylindrowych), regulatora wyprzedzenia zapłonu,



Rys. 10.31. Schemat układu zapłonu iskrownikowego wg [1]

1 — przerywacz, *2* — wyłącznik zapłonu, *3* — kondensator, *4* — uzwojenie pierwotne, *5* — uzwojenie wtórne, *6* — iskiernik zabezpieczający, *7* — rozdzielacz, *8* — świece zapłonowe, *9* — magnes wirujący



Rys. 10.32. Przekrój iskrownika stosowanego do silnika czterocylindrowego (firmy BOSCH) wg [1]

iskiernika i sprzęgła. Iskrownik jest napędzany przez wał korbowy silnika.

Cewka zapłonowa iskrownika składa się z dwóch uzwojeń — pierwotnego i wtórnego — nawiniętych na wspólny rdzeń wykonany w postaci pakietu blach stalowych. Rdzeń cewki jest umieszczony miedzy nabiegunnikami.

Magnes trwały jest osadzony na wirniku między nabiegunnikami. Wszystkie odmiany współczesnych iskrowników mają magnesy wirujące.

Przerywacz (z kondensatorem) jest taki sam jak w aparacie zapłonowym. Jego styki są wykonane z wolframu lub platynoirydu, co zwiększa ich trwałość i okres pracy przerywacza.

Rozdzielacz — taki sam jak w aparacie zapłonowym — jest napędzany od wałka wirnika za pośrednictwem przekładni zębatej.

Regulator ręczny służy do ręcznego ustawiania kąta wyprzedzenia zapłonu przez obracanie płytki przerywacza.

Regulator odśrodkowy kąta wyprzedzenia zapłonu działa tak samo jak w aparacie zapłonowym akumulatorowym. Stanowi on: albo krzywkę przerywacza, albo cewkę zapłonową, albo wirujący magnes trwały.

Iskiernik to dwie umieszczone naprzeciw siebie elektrody, z których jedna jest połączona z uzwojeniem wtórnym cewki, a druga — z masą. Zabezpiecza on cewkę przed powstawaniem w jej uzwojeniu wtórnym zbyt wysokiego napięcia. Na przykład gdy odłączy się przewód od świecy, wyładowanie iskrowe nastąpi przez iskiernik.

Sprzęgło służy do łączenia iskrownika z napędem.

Wyłącznik zapłonu służy do zwierania przerywacza. W ten sposób uniemożliwia się przerywanie prądu w uzwojeniu pierwotnym cewki, a tym samym indukowanie siły elektromotorycznej w jej uzwojeniu wtórnym.

10.4.3. Działanie iskrownika

Magnes, nabiegunniki i rdzeń cewki stanowią obwód magnetyczny iskrownika. Na skutek obracania się magnesu strumień magnetyczny zmienia kierunek dwukrotnie podczas każdego obrotu. Gdy strumień magnetyczny osiągnie wartość maksymalną, styki przerywacza się zwierają i w uzwojeniu pierwotnym zaczyna płynąć prąd. Gdy prąd

ten osiąga największą wartość, wówczas styki przerywacza się rozwierają i przepływ prądu w uzwojeniu pierwotnym zostaje przerwany, a w uzwojeniu wtórnym indukuje się siła elektromotoryczna. Powoduje ona przepływ prądu przez styk sprężysty i wałek rozdzielacza do obracającej się elektrody rozdzielczej, która rozdziela go na poszczególne świece w kolejności pracy cylindrów.

Do ustawiania zapłonu iskrownikowego nie należy używać lampki kontrolnej, gdyż powoduje to natychmiastowe rozmagnesowanie magnesów trwałych. Styków przerywacza nie wolno czyścić (ani papierem ściernym, ani pilnikiem), zużyte trzeba wymienić na nowe.

10.5. Typowe usterki układu zapłonowego

Najczęściej spotykane usterki układu zapłonowego:

1. Nie można uruchomić silnika — brak zapłonu. Prawdopodobne przyczyny to:
   — rozładowany akumulator;
   — wilgotna lub brudna instalacja wysokiego napięcia;
   — za mała lub za duża przerwa na stykach przerywacza;
   — uszkodzona kopułka lub palec rozdzielacza;
   — zużyte świece zapłonowe (przebicie wewnętrzne, zmostkowanie);
   — uszkodzony kondensator;
   — źle ustawiony zapłon;
   — zwarcie lub przepalenie cewki zapłonowej.
2. Silnik nie ma mocy i pracuje nieregularnie. Prawdopodobne przyczyny to:
   — nieprawidłowy odstęp styków przerywacza;
   — przebicie w kondensatorze;
   — uszkodzone świece zapłonowe (przebicia, nieprawidłowy odstęp elektrod);
   — uszkodzony regulator odśrodkowy lub podciśnieniowy;
   — źle ustawiony zapłon;
   — upływność prądu na kopułce rozdzielacza (zanieczyszczenie).
3. Silnik pracuje po wyłączeniu zapłonu. Prawdopodobne przyczyny to:
   — uszkodzony wyłącznik zapłonu;
   — świece i głowice pokryte nagarem;
   — świece o zbyt małej wartości cieplnej („za gorące");
   — zbyt późny zapłon.
4. Silnik nagle przestał pracować. Prawdopodobne przyczyny to:
   — uszkodzenie wyłącznika zapłonu;
   — nagłe uszkodzenie cewki, kondensatora, przerywacza, rozdzielacza wysokiego napięcia, świec lub przewodów wysokiego napięcia;
   — wypadnięcie przewodu wysokiego napięcia z głowicy cewki lub z kopułki rozdzielacza;
   — zbyt mała przerwa na stykach przerywacza lub wypalone styki;
   — zalanie układu zapłonowego wodą w czasie jazdy.
5. Olej w rozdzielaczu zapłonu. Prawdopodobne przyczyny to:
   — luz między obudową a wałkiem napędowym;
   — zanieczyszczony układ przewietrzania skrzyni korbowej.

11. Instalacje i urządzenia elektryczne

11.1. Oświetlenie pojazdów

11.1.1. Związane z oświetleniem wielkości fizyczne i ich jednostki miar

Wielkości fizyczne, których znajomość jest niezbędna w obsłudze urządzeń oświetleniowych pojazdów, to:
- strumień świetlny,
- światłość,
- natężenie oświetlenia,
- luminacja.

Promieniowanie świetlne (światło) to promienie elektromagnetyczne o bardzo wąskim zakresie długości fal, tj. 380 ÷ 780 nm. Tylko promieniowanie o takim zakresie jest odbierane przez ludzkie oko w postaci doznań świetlnych.

Widmo światła białego składa się z sześciu barw głównych, tj. fioletowej, niebieskiej, zielonej, żółtej, pomarańczowej i czerwonej. Wzrok ludzki najsilniej reaguje na promieniowanie długości 555 nm (barwa żółtozielona). W warunkach bardzo słabego oświetlenia największa wrażliwość oka przesuwa się w kierunku promieniowania niebieskiego (tzn. widzenie nocne). W takich warunkach nie rozróżniamy barw.

Strumień świetlny to moc wypromieniowanego światła ocenianą na podstawie odbieranych wrażeń świetlnych. Strumień świetlny mierzymy w **lumenach** (lm).

W celu umożliwienia oceny intensywności oświetlenia wprowadzono pojęcie światłości.

Światłość charakteryzuje ilość energii świetlnej wypromieniowanej w danym kącie bryłowym. Jednostką światłości jest **kandela** (cd), należąca do jednostek podstawowych układu SI.

W praktyce intensywność oświetlenia oceniamy na podstawie strumienia świetlnego padającego na oświetlaną powierzchnię, np. jezdnię, pobocze. Wielkość określającą ten strumień nazwano powierzchniową gęstością strumienia świetlnego. W praktyce częściej używa się określenia **natężenie oświetlenia**. Jednostką natężenia oświetlenia jest **luks** (lx)

$$1\ \text{lx} = 1\ \frac{\text{lm}}{\text{m}^2}$$

Natężenie oświetlenia jest równe jednemu luksowi, jeżeli na jeden metr kwadratowy oświetlanej powierzchni pada strumień świetlny równy jednemu lumenowi.

Do pomiaru natężenia oświetlenia służą luksomierze (światłomierze).

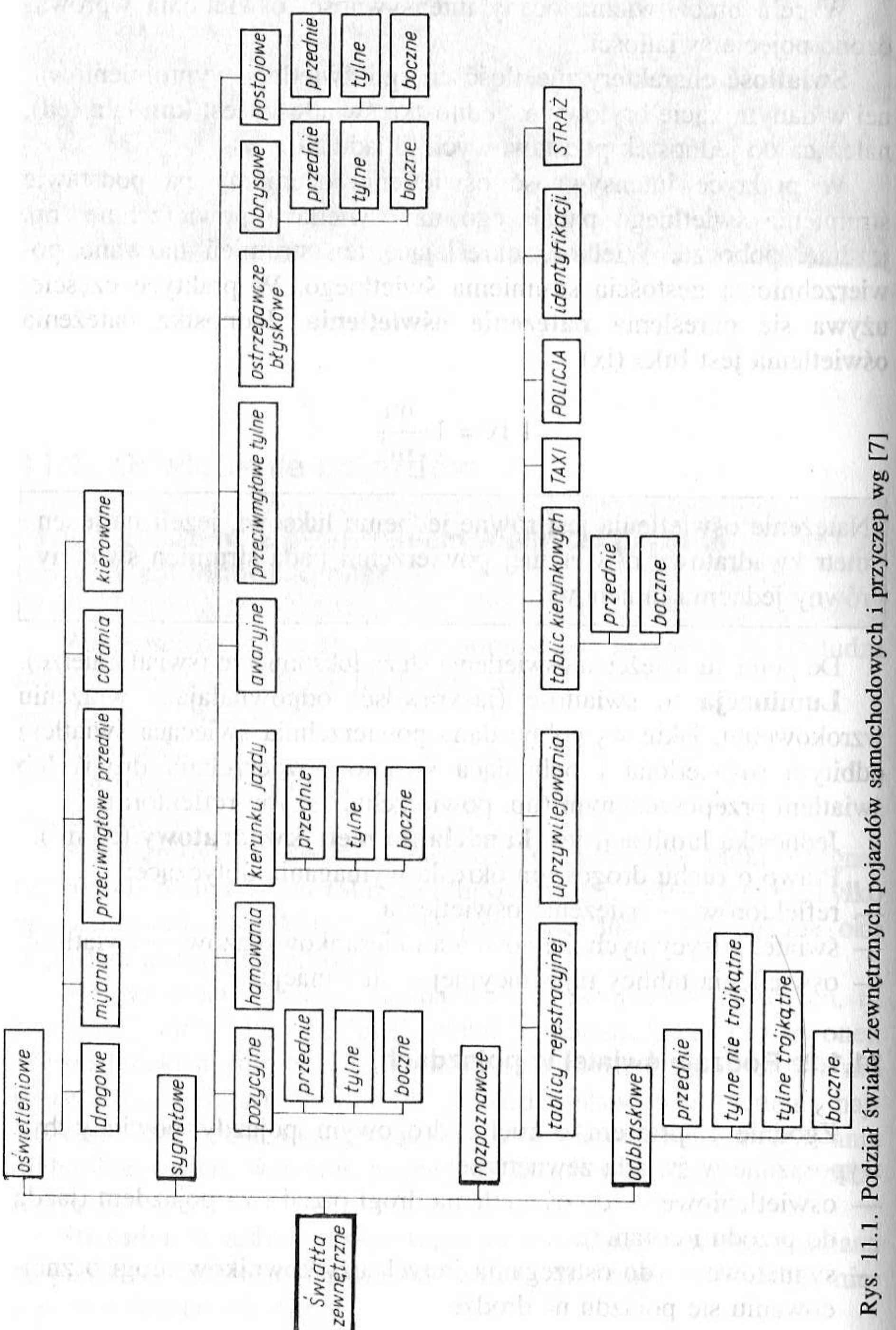
Luminacja to światłość (jaskrawość) odpowiadająca wrażeniu wzrokowemu, jakie wywołuje dana powierzchnia świecąca światłem odbitym (oświetlona i odbijająca światło powierzchnia drogi) lub światłem przepuszczonym (np. powierzchnia szyby reflektora).

Jednostką luminacji jest **kandela na metr kwadratowy** (cd/m^2).

Prawo o ruchu drogowym określa wymagania dotyczące:
- reflektorów — natężenie oświetlenia,
- świateł pozycyjnych, hamowania i kierunkowskazów — światłość,
- oświetlenia tablicy rejestracyjnej — luminacja.

11.1.2. Rodzaje świateł w pojazdach

Zgodnie z prawem o ruchu drogowym pojazdy powinny być wyposażone w światła zewnętrzne:
- oświetleniowe — do oświetlenia drogi przed i za pojazdem (jazda do przodu i cofanie);
- sygnałowe — do ostrzegania innych użytkowników drogi o znajdowaniu się pojazdu na drodze;



Rys. 11.1. Podział świateł zewnętrznych pojazdów samochodowych i przyczep wg [7]

— rozpoznawcze — do identyfikacji pojazdów (tablice rejestracyjne, pojazdy specjalne);
— odblaskowe — do ostrzegania innych użytkowników o pojeździe, gdy nie działa instalacja elektryczna.

Połączenia elektryczne powinny być tak wykonane, aby:
— światła drogowe, mijania, przeciwmgłowe przednie, pozycyjne przednie i obrysowe nie mogły być włączone, jeżeli jednocześnie nie są włączone światła pozycyjne tylne;
— włączenie świateł drogowych, mijania lub przeciwmgłowych przednich powodowało jednoczesne włączenie światła oświetlającego tylną tablicę rejestracyjną oraz świateł pozycyjnych przednich.

Światła umieszczone parami muszą być symetryczne, znajdować się na tej samej wysokości i mieć jednakową barwę i natężenie.

Podział świateł zewnętrznych pojazdów samochodowych i przyczep przedstawia rys. 11.1.

11.1.3. Światła oświetleniowe

Światła oświetleniowe są to światła: drogowe, mijania, przeciwmgłowe przednie, cofania i światła kierowane.

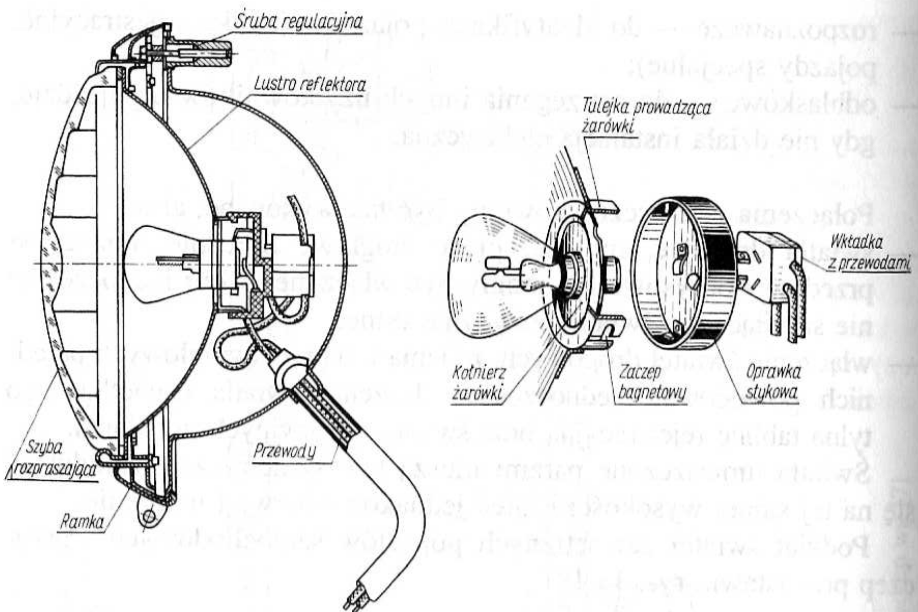
Światła drogowe pojazdu (2 lub 4), zwane światłami głównymi lub reflektorami, powinny mieć barwę białą lub żółtą selektywną i powinny być włączane jednocześnie lub parami. Ich światłość nie może być mniejsza niż 30 000 cd i nie może przekraczać 225 000 cd. Światła te powinny oświetlać drogę na odległość co najmniej 100 m przed pojazdem.

Światła mijania (również zaliczane do świateł głównych) powinny być dwa, mieć barwę białą lub żółtą selektywną. Powinny oświetlać drogę na odległość co najmniej 40 m przed pojazdem — asymetrycznie, tzn. po prawej stronie drogi dalej niż po lewej.

Światła drogowe i mijania stanowią zwykle wspólny układ optyczny, umieszczony w reflektorze.

Reflektor (rys. 11.2) to odpowiednio względem siebie ustawione i zamocowane: lustro, żarówka i szyba rozpraszająca.

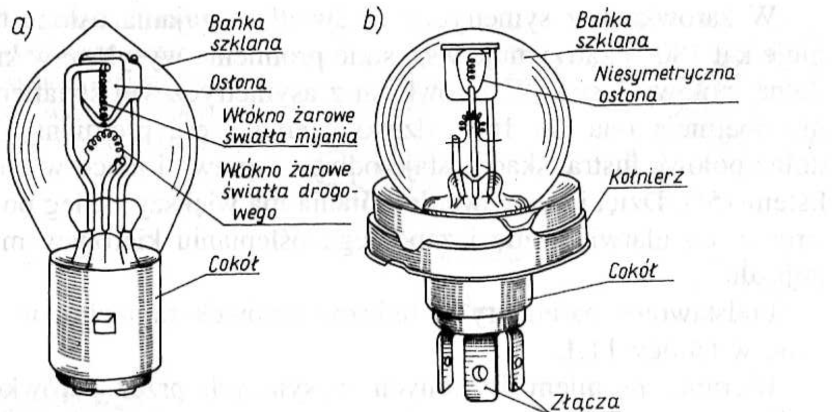
Lustro reflektora — o kształcie paraboloidy — służy do odbijania i skupiania promieni światła w wiązkę oraz kierowania jej w żądanym kierunku.



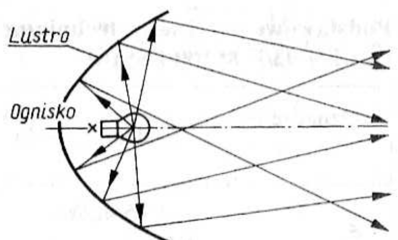
Rys. 11.2. Budowa reflektora samochodowego wg [1]

Żarówka reflektora ma budowę jak na rys. 11.3. W bańkach zwykłych żarówek — po usunięciu powietrza — jest próżnia, natomiast bańki żarówek halogenowych są napełnione obojętnym gazem. Wewnątrz bańki jest umieszczone włókno żarowe (lub dwa włókna — żarniki), osadzone w trzonku (cokole). Żarówek dwuwłóknowych (lamp dwuświatłowych) używa się w celu uzyskania świateł drogowych i mijania za pomocą tego samego reflektora. W samochodach wyposażonych w podwójne reflektory używa się żarówek jednowłóknowych (lamp jednoświatłowych) w reflektorach wewnętrznych, a dwuwłóknowych — w zewnętrznych. Wówczas światła drogowe to światło wszystkich reflektorów, a światła mijania — tylko reflektorów zewnętrznych.

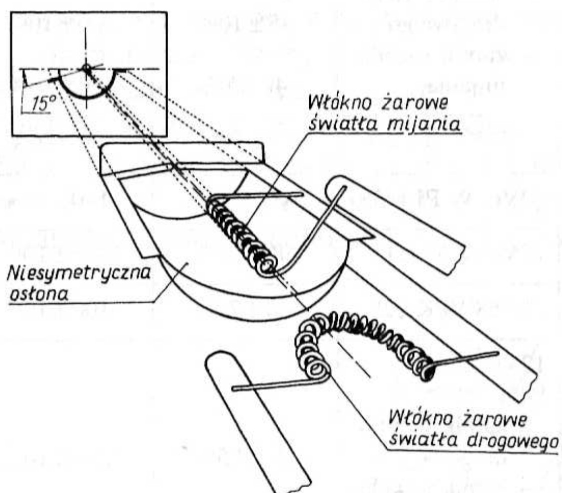
W żarówkach dwuwłóknowych włókno położone bliżej trzonka żarówki jest włóknem światła drogowego. Nie jest ono niczym osłonięte i wszystkie wysyłane przez nie promienie światła są odbijane przez lustro reflektora. Drugie włókno jest przesunięte do przodu, a więc znajduje się poza ogniskiem lustra. Wysyłane przez nie promienie byłyby odbijane jak na rys. 11.4, gdyby nie umieszczona pod nim osłona (rys. 11.5).



Rys. 11.3. Budowa dwuwłóknowych żarówek do reflektorów wg [1]: *a*) z symetrycznym światłem mijania — typu BILUX; *b*) z asymetrycznym światłem mijania — typu DUOLUX



Rys. 11.4. Kierunki promieni światła, gdy włókno znajduje się przed ogniskiem lustra reflektora wg [1]



Rys. 11.5. Osłona włókna światła mijania wg [1]

W żarówkach z symetrycznym światłem mijania osłona ta obejmuje kąt 180° i zatrzymuje wszystkie promienie wysyłane w kierunku dolnej połowy lustra. W żarówkach z asymetrycznym światłem mijania obejmuje ona kąt 165°, dzięki czemu część promieni trafia na dolną połowę lustra, skąd zostaje odbita w prawo i nieco w górę (pod kątem 15°). Dzięki temu światło mijania ma większy zasięg po prawej stronie, co ułatwia jazdę i zapobiega oślepianiu kierowcy mijanego pojazdu.

Podstawowe parametry techniczne żarówek samochodowych podano w tablicy 11.1.

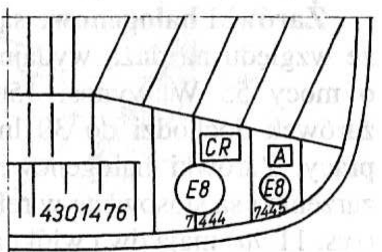
Kierunki promieni świetlnych wysyłanych przez żarówkę dwuwłóknową przedstawia rys. 11.6.

Szyba rozpraszająca ma zewnętrzną powierzchnię gładką, a na wewnętrznej — pryzmatyczne lub soczewkowate nacięcia (rys. 11.7),

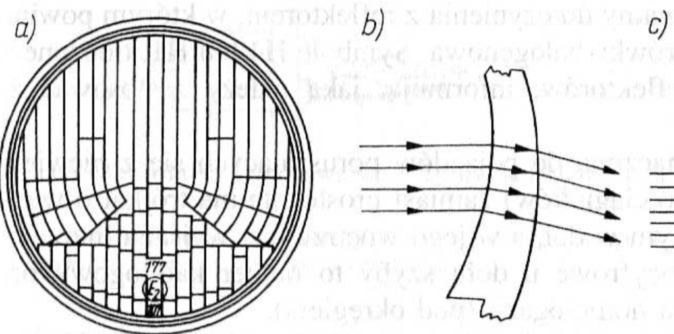
Tablica 11.1

Podstawowe parametry techniczne żarówek samochodowych (wg PN-93/E 85100 i 85101)

	Oznaczenie typu	Rodzaj żarówki	Moc W	Strumień świetlny lm	Napięcie znamionowe V
Żarówki tradycyjne	R2	12V45/40W P45t-41			
		— żarnik światła drogowego	45±10%	700±10%	12
		— żarnik światła mijania	40±5%	450±10%	12
	F2	12V35W BA 20s	35±10%	520±20%	13,2
Żarówki halogenowe	H1	12V68W P14, 5S	68±7,5%	1150±10%	12
	H2	12V68WX 511	68±7,5%	1300±10%	12
	H3	12V68WPK 22S	68±7,5%	1100±10%	12
	H4	12V60/55W P43t-38			
		— żarnik światła drogowego	75±7,5%	1250±10%	12
		— żarnik światła mijania	68±7,5%	750±10%	12



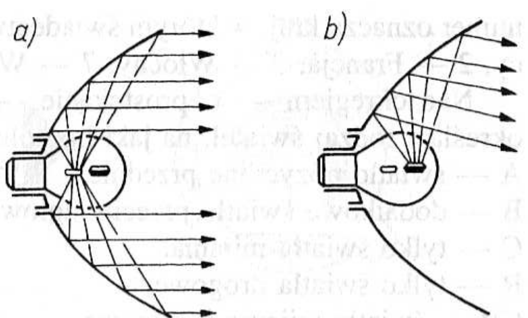
Rys. 11.6. Kierunki promieni światła wysyłanego przez reflektor z symetrycznym światłem mijania wg [1]: *a)* światło drogowe; *b)* światło mijania



Rys. 11.7. Szyba rozpraszająca reflektora wg [21]: *a)* widok z przodu; *b)* przekrój w płaszczyźnie pionowej; *c)* przekrój w płaszczyźnie poziomej

dzięki czemu uzyskuje się skupioną wiązkę światła drogowego i dobrze rozłożone światło mijania. Szyby reflektorów powinny być białe; dopuszcza się szyby żółte selektywne (słomkowe).

Reflektor spełniający wymagania międzynarodowe powinien mieć **świadectwo homologacyjne**, oznaczone za pomocą umownych znaków na szybie reflektora (rys. 11.8). Litera E w okręgu oznacza, że reflektor otrzymał świadectwo homologacyjne, natomiast podany obok



Rys. 11.8. Oznaczenia (metryka) na szybie reflektora

numer oznacza kraj, w którym świadectwo to wydano, np.: 1 — Niemcy, 2 — Francja, 3 — Włochy, 7 — Węgry, 20 — Polska.

Nad okręgiem — w prostokącie — są umieszczone litery, które określają rodzaj świateł, na jaki homologacja została udzielona:
A — światło pozycyjne przednie,
B — dodatkowe światło przeciwmgłowe przednie,
C — tylko światła mijania,
R — tylko światła drogowe,
CR — światła mijania i drogowe.

Jeśli przed tymi oznaczeniami jest umieszczona dodatkowa litera H (np. HCR), to mamy do czynienia z reflektorem, w którym powinna być stosowana żarówka halogenowa. Symbole H4 lub H1, tłoczone na szybach wielu reflektorów, informują, jaką należy zastosować żarówkę.

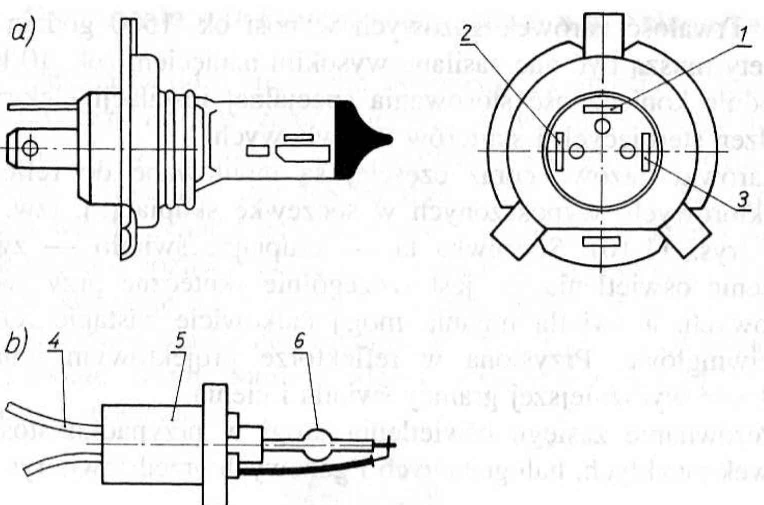
Lampa przeznaczona do pojazdów poruszających się z niewielką prędkością (np. do ciągników) zamiast prostokąta ma trójkąt o wierzchołku skierowanym w dół, a w jego wnętrzu jest wpisana litera T.

Numery wielocyfrowe u dołu szyby to numer katalogowy oraz numer świadectwa homologacji (pod okręgiem).

Symbole innych świateł różnią się nieznacznie. Pod okręgiem z literą E i numerem państwa jest strzałka wskazująca, po której stronie pojazdu dana lampa ma zastosowanie. Strzałka ta zawsze jest skierowana na zewnątrz pojazdu.

Nad okręgiem jest umieszczony literowy symbol funkcji klosza danej lampy, np.:
R — tylne pozycyjne,
AR — cofania,
S1 — hamulcowe,
1; 2A — kierunkowskazy przedni i tylny,
I — odblaskowe,
F — tylne przeciwmgłowe.

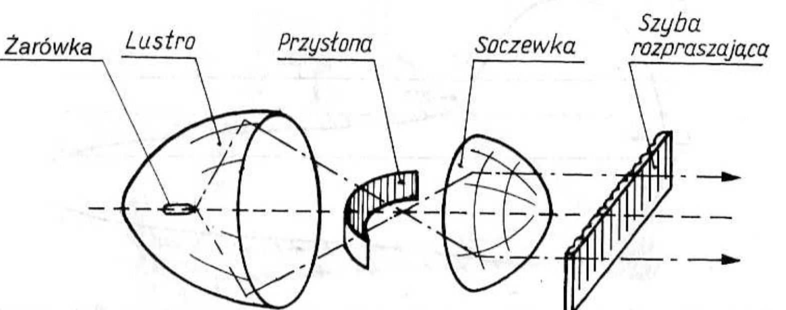
Żarówki halogenowe są powszechnie stosowane w samochodach ze względu na dużą wydajność świetlną. Strumień świetlny żarówki o mocy 55 W wynosi 1500 lm. Skuteczność emisji światła tych żarówek dochodzi do 30 lm/W. Trwałość wynosi 250 ÷ 500 godzin pracy. Żarówki halogenowe typu H1, H2, H3 mają jedno włókno żarzenia i są stosowane w reflektorach dodatkowych. Żarówki typu H4 (rys. 11.9*a*) mają dwa włókna i są stosowane w reflektorach głównych.



Rys. 11.9. Żarówki samochodowe wg [12]: *a*) halogenowa typu H4; *b*) gazowa typu Hella

1 — zacisk światła mijania, *2* — masa, *3* — zacisk światła drogowego, *4* — doprowadzenie prądu, *5* — oprawka, *6* — szklana kulka wypełniona gazem

Żarówki gazowe (wyładowcze D1) to najnowsza generacja żarówek samochodowych. Źródłem światła jest łuk elektryczny, powstający między elektrodami żarówki w niewielkiej cienkościennej kulce szklanej (rys. 11.9*b*). Kulka szklana o objętości 0,03 cm^3 jest wykonana ze szkła kwarcowego i wypełniona gazem (ksenonem lub argonem) pod ciśnieniem 6 MPa. Strumień świetlny żarówki o mocy 35 W wynosi ok. 2800 lm, co zapewnia dużą skuteczność oświetlenia (do 80 lm/W). Emitowane światło jest bardzo zbliżone do światła dzien-

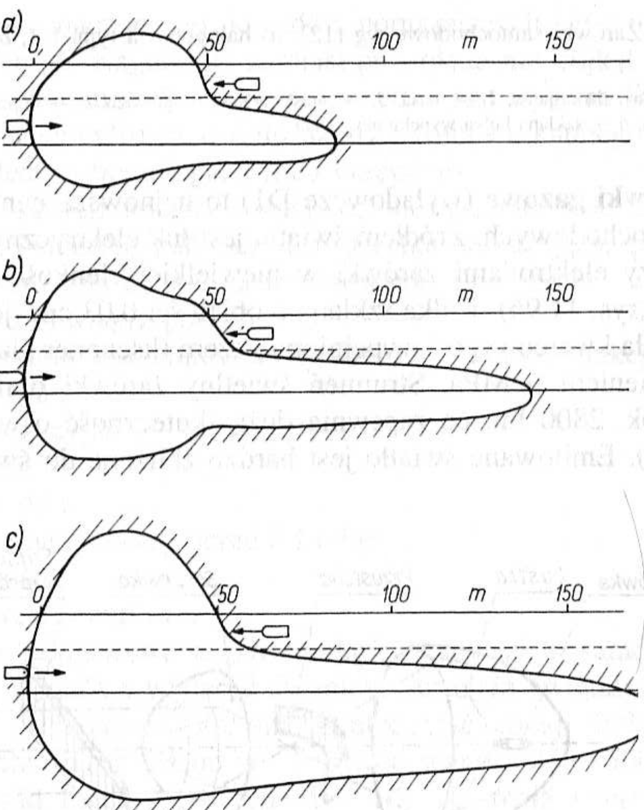


Rys. 11.10. Budowa reflektora projektorowego

nego. Trwałość żarówek gazowych wynosi ok. 1500 godzin pracy. Niestety muszą być one zasilane wysokim napięciem (ok. 10 kV), co powoduje konieczność stosowania specjalnej instalacji elektrycznej, urządzeń sterujących i starterów żarówkowych.

Żarówki gazowe coraz częściej są montowane do reflektorów projektorowych, wyposażonych w soczewkę skupiającą, tzw. „rybie oko" (rys. 11.10). Soczewka ta — skupiając światło — zwiększa natężenie oświetlenia, co jest szczególnie skuteczne przy światłach drogowych, a światła mijania mogą całkowicie zastąpić reflektory przeciwmgłowe. Przysłona w reflektorze projektowym umożliwia uzyskanie wyraźniejszej granicy światła i cienia.

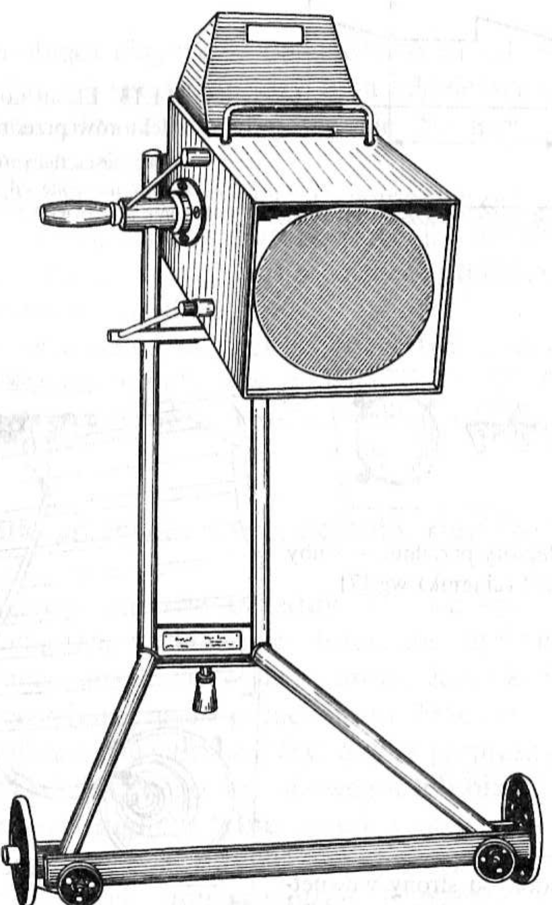
Porównanie zasięgu oświetlenia drogi w przypadku stosowania żarówek zwykłych, halogenowych i gazowych przedstawia rys. 11.11.



Rys. 11.11. Oświetlenie jezdni w płaszczyźnie poziomej w przypadku zastosowania żarówek wg [7]: *a*) zwykłych; *b*) halogenowych; *c*) gazowych

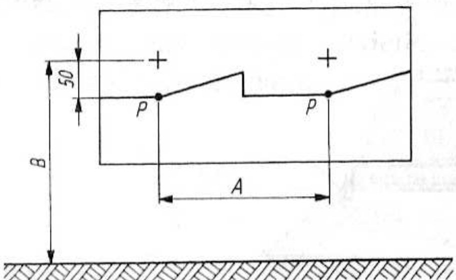
11.1.4. Ustawianie reflektorów w samochodach i ciągnikach

Ze względu na duże znaczenie ustawienia świateł dla bezpieczeństwa jazdy czynności te zaleca się wykonywać na stacjach obsługi wyposażonych w urządzenia diagnostyczne. Urządzenie do diagnostyki reflektorów, np. typu KS-20 (rys. 11.12), działa na zasadzie skupienia wiązki światła reflektora przez soczewkę. Fotoelektryczny miernik prądu umożliwia pomiar wartości natężenia światła. Wartość natężenia odczytuje się w luksach — oddzielnie dla świateł drogowych i oddzielnie dla świateł mijania. W niektórych urządzeniach do kontroli świateł wynik pomiaru odczytuje się w jednostkach światłości, tzn. w kandelach.



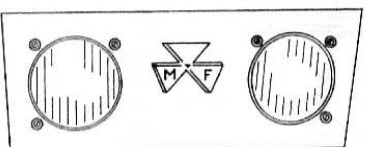
Rys. 11.12. Urządzenie do diagnostyki reflektorów samochodowych — typu KS-20

W razie konieczności ustawienia (regulacji) świateł we własnym zakresie należy (w przypadku ciągnika Ursus):
1. Narysować ekran do ustawienia świateł (rys. 11.13).
2. Ciśnienie w ogumieniu doprowadzić do odpowiedniej wartości.
3. Ustawić ciągnik na poziomej nawierzchni tuż przed przygotowanym ekranem, umieszczonym na pionowej ścianie, w cieniu.
4. Na ekran nanieść krzyże, których środki pokrywają się z osiami optycznymi reflektorów.

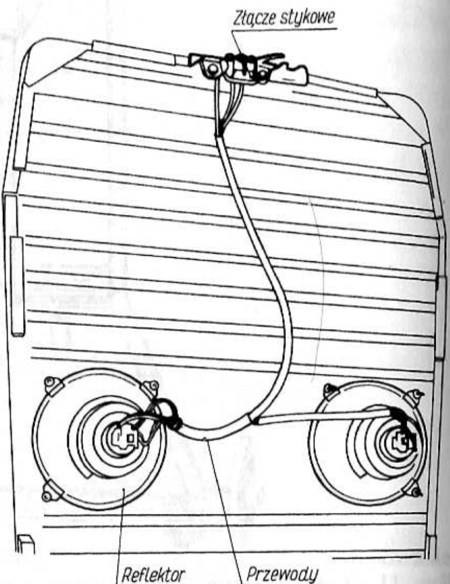


Rys. 11.13. Ekran do ustawiania świateł reflektorów przednich wg [7]

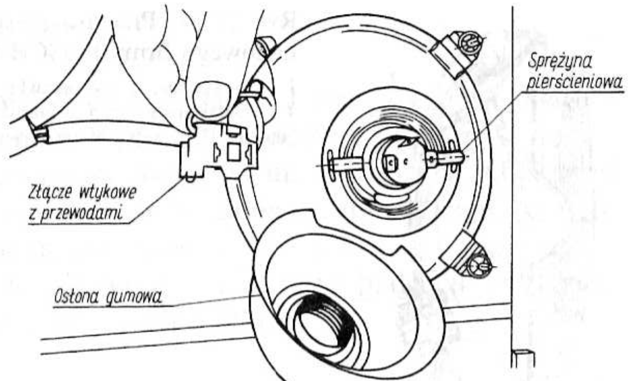
A — rozstaw osi reflektorów, *B* — wysokość osi reflektorów mierzona od podłoża, *P* — punkt załamania linii świetlnej



Rys. 11.14. Reflektory przednie — śruby regulacyjne świateł (ciągnik) wg [7]



Rys. 11.15. Widok od strony wewnętrznej (wymontowanej) siatki przedniej wraz z reflektorami (ciągnik) wg [7]



Rys. 11.16. Wymiana żarówki reflektora wg [7]

5. Ustawić (cofnąć) ciągnik w odległości 5 m od ekranu, włączyć światła mijania i sprawdzić, czy linia oddzielająca część oświetloną od nie oświetlonej znajduje się 50 mm poniżej krzyży oznaczonych na ekranie.
6. Ewentualne różnice skorygować za pomocą trzech śrub regulacyjnych (rys. 11.14), odpowiednio je wkręcając lub wykręcając.

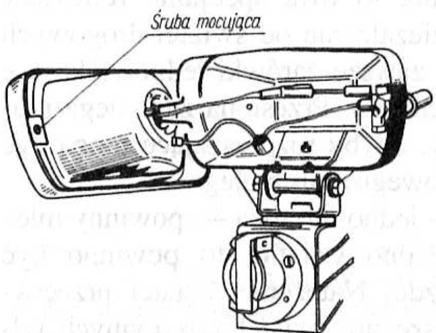
Regulację należy wykonać dla każdego reflektora oddzielnie, zasłaniając w tym czasie drugi.

Parametry ustawienia świateł powinny być zgodne z PN-78/S-73030. Usytuowanie reflektorów w ciągniku przedstawia rys. 11.15, sposób zaś wymiany żarówki w reflektorze — rys. 11.16.

11.1.5. Światła przeciwmgłowe, cofania, kierunkowe i inne

Światła przeciwmgłowe przednie to dwa specjalne reflektory (rys. 11.17), włączane i wyłączane niezależnie od świateł drogowych i świateł mijania. Stosuje się w nich zawsze żarówki jednowłóknowe ze specjalną przesłoną (lustro pomocnicze). Przesłona zapobiega rzucaniu przez reflektor światła do góry. Szyby rozpraszające mogą być koloru żółtego selektywnego (słomkowego) lub białego.

Światła przeciwmgłowe tylne — jedno lub dwa — powinny mieć barwę czerwoną. Jeśli jest tylko jedno światło, to powinno być umieszczone po lewej stronie pojazdu. Natężenie świateł przeciwmgłowych musi być wyraźnie większe niż świateł pozycyjnych tyl-



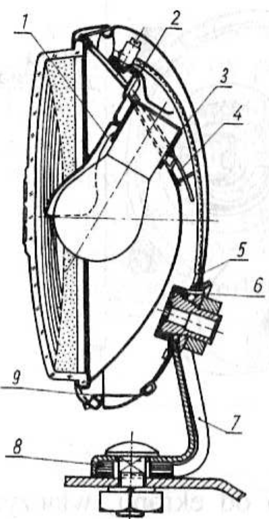
Rys. 11.17. Przekrój płaskiego reflektora przeciwmgłowego firmy BOSCH wg [1]

1 — przesłona, *2* — oprawka żarówki, *3* — tuleja oprawki, *4* — kabłąk sprężysty, *5* — blacha wzmacniająca, *6, 8* — podkładki gumowe, *7* — wspornik mocujący, *9* — sprężyna mocująca

nych. Światła przeciwmgłowe tylne mogą się włączać, gdy są włączone światła drogowe, mijania lub przeciwmgłowe przednie.

Światła cofania — jedno lub dwa — ułatwiają jazdę do tyłu. Mogą się one włączać tylko wówczas, gdy jest włączony wsteczny bieg, a kluczyk jest w położeniu umożliwiającym pracę silnika. Światła te mogą być tylko barwy białej.

Światła kierowane (szperacz, poszukiwacz) służą do oświetlania przedmiotów przydrożnych. Źródłem światła kierowanego jest reflektor o skupionej wiązce promieni. Ze względu na bezpieczeństwo szperacz musi być tak włączany, aby nie można go było używać w czasie jazdy. W ciągnikach jest to tzw. reflektor roboczy (rys. 11.18).

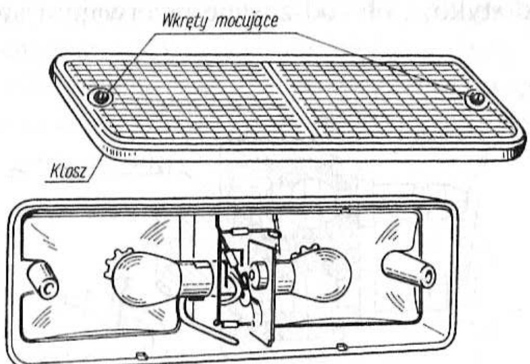


Rys. 11.18. Reflektor roboczy ciągnika — wymiana żarówki wg [7]

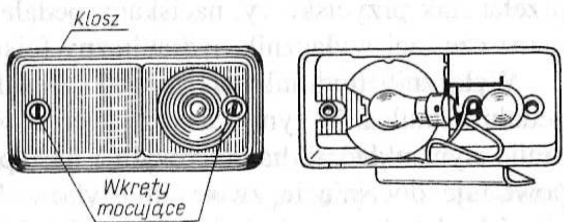
11.1.6. Światła sygnałowe

Światła pozycyjne — dwa z przodu i dwa z tyłu — służą do oznaczania w nocy konturów pojazdu na postoju i podczas jazdy.

Przednie światła pozycyjne mogą być umieszczone w reflektorach; źródłem światła jest wówczas słaba żarówka, umieszczona w dolnej części lustra. Na ogół są one montowane wraz z kierunkowskazami błyskowymi (rys. 11.19). Powinny mieć barwę białą lub żółtą selektywną i być widoczne z odległości 300 m.



Rys. 11.19. Światła pozycyjne i kierunkowskazy ciągnika — wymiana żarówki wg [7]



Rys. 11.20. Lampa zespolona tylna ciągnika — wymiana żarówek wg [7]

Tylne światła pozycyjne są na ogół montowane w jednej zespolonej lampie z kierunkowskazem, światłem hamowania (stop) i światłem odblaskowym (rys. 11.20). Światła tylne muszą mieć kolor czerwony i również być widoczne z odległości co najmniej 300 m. Włączenie świateł pozycyjnych przednich powinno powodować jednoczesne włączenie tylnych świateł pozycyjnych.

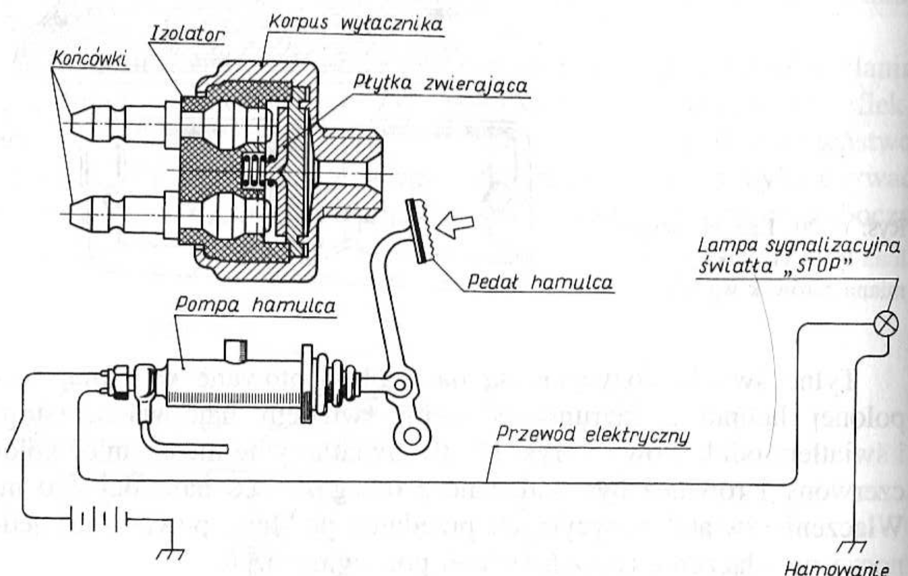
Światła postojowe — cztery lub dwa — zastępują światła pozycyjne na postoju (nieobowiązkowe). Powinny mieć barwę białą z przo-

du, a czerwoną lub żółtą selektywną z tyłu (jeśli są połączone z kierunkowskazem bocznym).

Światła hamowania (stop) — co najmniej dwa, nie więcej jednak niż cztery — informują jadących z tyłu o hamowaniu. Mogą być umieszczone w osobnej obudowie lub zespolone z innymi światłami tylnymi. Natężenie świateł „stop" musi być większe niż tylnych świateł pozycyjnych; w dniu słonecznym powinny być widoczne na odległość co najmniej 30 m. Światła te muszą mieć barwę czerwoną.

Światła hamowania są włączane automatycznie po naciśnięciu pedału hamulca. Elementem włączającym światła może być zwykły przełącznik przyciskowy, naciskany pedałem hamulca, lub stosowany coraz częściej wyłącznik hydrauliczny (ciśnieniowy).

Wyłącznik hydrauliczny (rys. 11.21) działa z chwilą naciśnięcia pedału hamulca. W tym czasie zwiększa się bowiem ciśnienie w hydraulicznym układzie hamulcowym i następuje wygięcie przepony, co powoduje dociśnięcie zwory do styków. Zamyka się w ten sposób obwód elektryczny i światła „stop" się zapalają. Po zwolnieniu nacisku na pedał ciśnienie w układzie spada, sprężyna odsuwa zworę od styków, obwód zostaje przerwany i światła „stop" gasną.



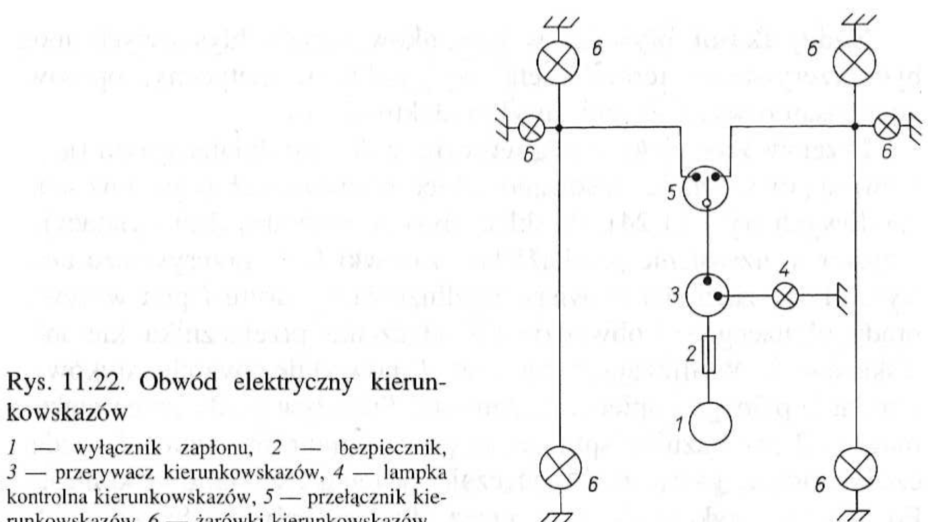
Rys. 11.21. Budowa i działanie hydraulicznego włącznika świateł hamowania (stop) wg [1]

Światła rozpoznawcze, tzn. światła tablicy rejestracyjnej (tylnej), powinny być białe i tak oświetlać tablice, aby jej oznakowanie było widoczne w nocy z odległości co najmniej 20 m. Światła te powinny się zapalać po włączeniu świateł drogowych, mijania lub pozycyjnych.

Światła odblaskowe przednie powinny być białe, tylne — czerwone, a boczne — żółte. Nie świecą one własnym światłem, lecz odbijają światła innych pojazdów. Informują użytkowników drogi o stojącym na niej pojeździe bez oświetlenia własnego (np. w razie awarii oświetlenia). Światła odblaskowe powinny być widoczne w nocy z odległości co najmniej 150 m, gdy oświetla je światło drogowe innego pojazdu.

11.1.7. Światła kierunku jazdy (kierunkowskazy błyskowe)

Kierunkowskazy mogą być lampami samodzielnymi (w autobusach, samochodach ciężarowych) lub być połączone z lampami pozycyjnymi (rys. 11.19 i 11.20). W takim przypadku w lampie pozycyjnej jest żarówka dwuwłóknowa, której jedno włókno jest włączone w obwód lampy pozycyjnej, a drugie — w obwód kierunkowskazów (rys. 11.22). Ponieważ włókno kierunkowskazu wysyła znacznie silniejsze światło niż włókno światła pozycyjnego, więc błyski kierunkowskazu zaćmiewają światło pozycyjne (jeżeli jest włączone).

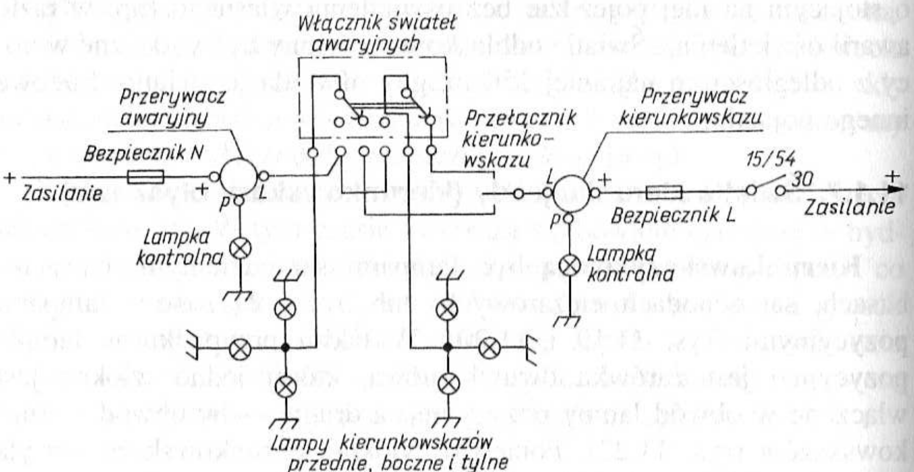


Rys. 11.22. Obwód elektryczny kierunkowskazów

1 — wyłącznik zapłonu, *2* — bezpiecznik, *3* — przerywacz kierunkowskazów, *4* — lampka kontrolna kierunkowskazów, *5* — przełącznik kierunkowskazów, *6* — żarówki kierunkowskazów

Kierunkowskazy — przednie, tylne i boczne — powinny mieć barwę żółtą selektywną i błyskać z częstotliwością 90±30 cykli na minutę — światło musi się zapalać i całkowicie gasnąć.

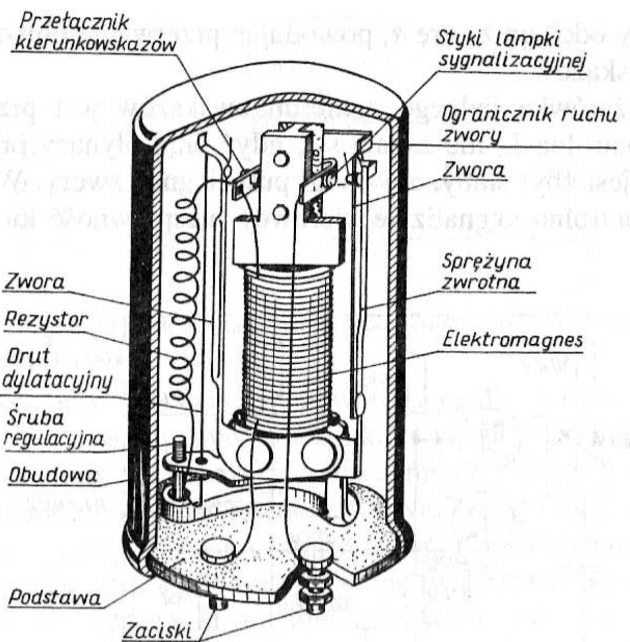
Kierunkowskazy pełnią również funkcję tzw. świateł awaryjnych — migają wówczas jednocześnie wszystkie z przodu i z tyłu. Schemat takiego układu przedstawia rys. 11.23.



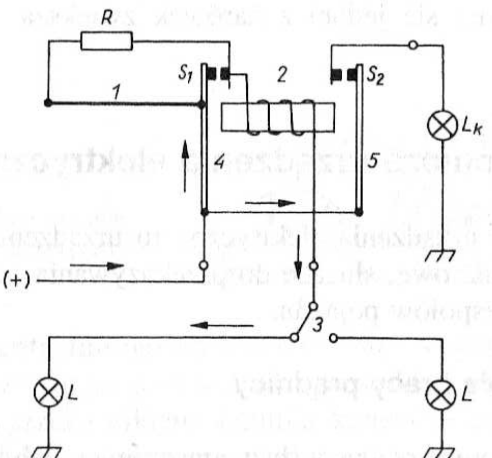
Rys. 11.23. Schemat układu świateł kierunku jazdy (kierunkowskazów) i świateł awaryjnych wg [21]

Nadajnikami błysków w kierunkowskazach błyskowych mogą być przerywacze: termobimetalowy, elektromagnetyczny, oporowy, kondensatorowy, mechaniczny lub elektroniczny.

Przerywacze elektromagnetyczne z drutem dylatacyjnym (grzejnym) są powszechnie stosowane w kierunkowskazach pojazdów samochodowych (rys. 11.24). W skład obwodu wchodzą drut dylatacyjny, rezystor *R*, uzwojenie przekaźnika i żarówki *L*. W przerywaczu takim (rys. 11.25) zachodzi zjawisko wydłużenia się drutu *l* pod wpływem prądu płynącego w obwodzie po włączeniu przełącznika kierunkowskazów *3*. Wydłużający się drut *1* powoduje zwarcie styków S_1 i podanie pełnego napięcia na żarówki. Przepływ prądu przez elektromagnes *2* przekaźnika sprawia, iż przytrzymuje on zworę *4* i jednocześnie przyciąga zworę *5*, wyłączając w ten sposób lampkę kontrolną. Po zwarciu styków S_1 prąd przez drut nie płynie. Stygnący drut



Rys. 11.24. Budowa przerywacza elektromagnetycznego z drutem oporowym wg [1]

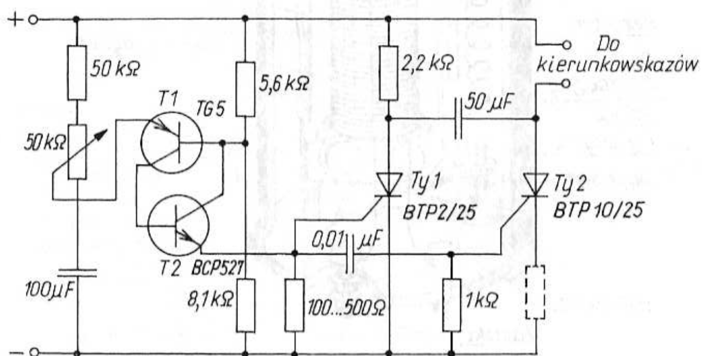


Rys. 11.25. Schemat termoelektrycznego przerywacza kierunkowskazów wg [11]

1 — drut dylatacyjny, *2* — elektromagnes przekaźnika, *3* — przełącznik kierunkowskazów, *4*, *5* — zwory

dylatacyjny odciąga zworę *4*, powodując przerwanie obwodu żarówek kierunkowskazów.

Jeżeli żarówka jednego z kierunkowskazów jest przepalona, to lampka kontrolna L_k nie zapala się, gdyż prąd płynący przez elektromagnes *2* jest zbyt słaby, aby mógł przyciągnąć zwory. W ten sposób lampka kontrolna sygnalizuje kierowcy niesprawność kierunkowskazów.



Rys. 11.26. Schemat tyrystorowego przerywacza kierunkowskazów wg [11]
T1, T2 — tranzystory; *Ty1, Ty2* — tyrystory

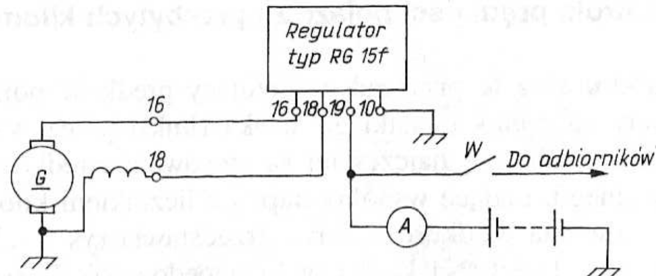
Przerywacz elektroniczny (bezstykowy) przedstawia rys. 11.26. Tyrystor główny *Ty2* steruje przerywaniem prądu w układzie. W przypadku przepalenia się jednej z żarówek zwiększa się częstotliwość błysków.

11.2. Pomocnicze urządzenia elektryczne

Pomocnicze urządzenia elektryczne to urządzenia sygnalizacyjne i kontrolno-pomiarowe, służące do przekazywania informacji o pracy ważniejszych zespołów pojazdu.

11.2.1. Kontrola pracy prądnicy

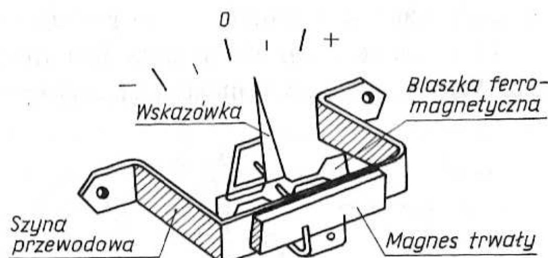
Do kontroli pracy prądnicy służy amperomierz lub lampka kontrolna. **Amperomierz** informuje kierowcę, w jakim kierunku i o jakiej wartości płynie prąd między akumulatorem, prądnicą i odbiornikami.



Rys. 11.27. Schemat obwodu zasilania samochodu (samochód FSC Żuk) wg [22]

Amperomierz jest włączony w obwód zasilania szeregowego (rys. 11.27), między samoczynnym włącznikiem prądu zwrotnego regulatora prądnicy a akumulatorem. Odprowadzenie do odbiorników znajduje się między amperomierzem a samoczynnym wyłącznikiem.

Budowę samochodowego amperomierza elektromagnetycznego przedstawia rys. 11.28. Wychylenie się wskazówki amperomierza w kierunku „+" oznacza, iż prądnica całkowicie pokrywa zapotrzebowanie odbiorników na prąd, a nadwyżka wytwarzanego prądu ładuje akumulator. Wskazówka w pozycji „0" oznacza, że prądnica całkowicie pokrywa zapotrzebowanie odbiorników na prąd, lecz nie ładuje akumulatora. Wskazówka wychylona w kierunku „–" oznacza, że prądnica nie pokrywa zapotrzebowania odbiorników na prąd i brakującej części energii dostarcza akumulator (rozładowując się).



Rys. 11.28. Samochodowy amperomierz elektromagnetyczny wg [22]

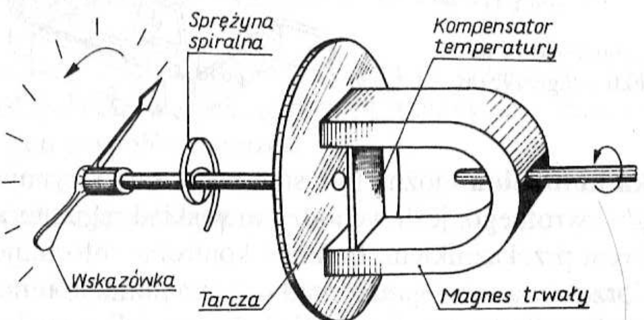
Lampka kontrolna można być sterowana samoczynnym wyłącznikiem prądu zwrotnego, jeśli wchodzi on w skład regulatora prądnicy, lub specjalnym przekaźnikiem. Lampka kontrolna informuje kierowcę o tym, jak przebiega współpraca prądnicy z akumulatorem. Taki sam sposób sygnalizacji stosuje się również do kontroli innych mechanizmów samochodu (hamulec ręczny, otwarte drzwi itd.).

11.2.2. Kontrola prędkości pojazdu i przebytych kilometrów

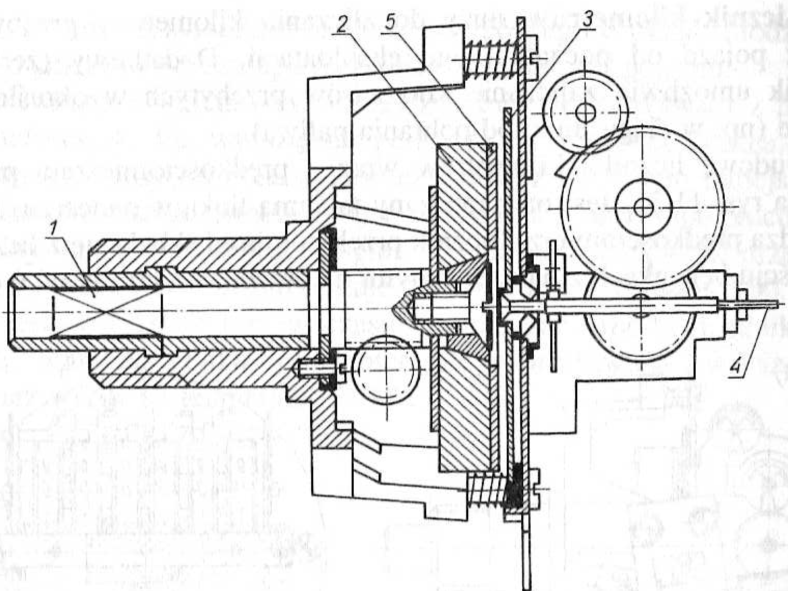
Prędkościomierz to przyrząd wskazujący prędkość pojazdu. Jest on napędzany za pomocą giętkiego wałka (linki) przez wał główny skrzyni biegów. Obecnie najczęściej są stosowane prędkościomierze typu indukcyjnego, mające wspólny napęd z licznikiem kilometrów.

Zasadę działania prędkościomierza przedstawia rys. 11.29, a jego przekrój — rys. 11.30. Na końcu wału napędowego *1* jest umieszczony magnes trwały *2*, który obraca się (wraz z wałem) z prędkością proporcjonalną do prędkości jazdy pojazdu. Wirujące pole magnetyczne, wywołane wirowaniem magnesu, indukuje w aluminiowej tarczy *3* siły elektromotoryczne, które powodują przepływ prądów wirowych. W wyniku wzajemnego oddziaływania pola magnetycznego magnesu i pola magnetycznego prądów wirowych powstaje moment obrotowy usiłujący obrócić tarczę, czemu przeciwstawia się sprężyna. Na skutek wzrostu prędkości moment napędowy pokonuje opór sprężyny i tarcza *3* obraca się wraz z osią *4* wskazówki prędkościomierza. W celu zrównoważenia wpływu, jaki na wynik pomiaru prędkości mają zmiany rezystancji elektrycznej spowodowane zmianą temperatury tarczy *3*, w szczelinie między magnesem a tarczą jest umieszczony kompensator *5*. Ze wzrostem temperatury przenikalność magnetyczna kompensatora wzrasta, a opór magnetyczny maleje (i odwrotnie). Dzięki temu wynik pomiaru zostaje uniezależniony od zmian rezystancji tarczy wywołanych temperaturą otoczenia. Prędkościomierze są wyskalowane w kilometrach na godzinę (km/h).

Dość zawodnym elementem jest linka napędowa prędkościomierza. Większą niezawodnością charakteryzują się pozbawionego tego



Rys. 11.29. Zasada działania prędkościomierza wg [1]



Rys. 11.30. Przekrój prędkościomierza wg [1]
1 — wał napędzający, *2* — magnes, *3* — tarcza aluminiowa, *4* — oś wskazówki, *5* — kompensator

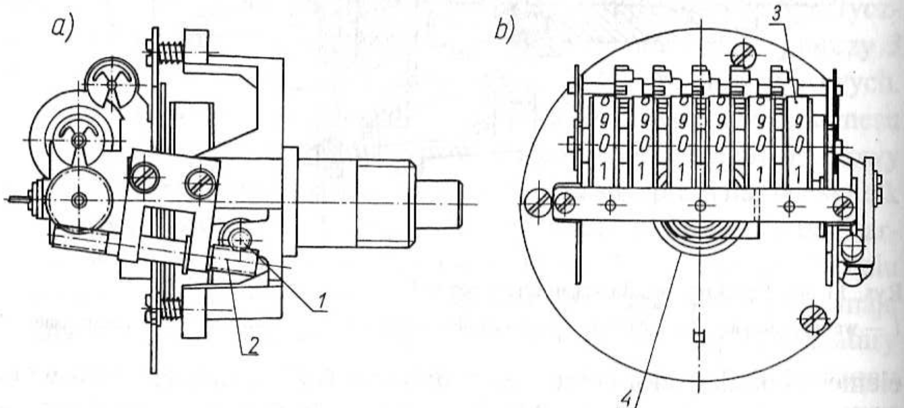
elementu prędkościomierze elektroniczne z wyświetlaczem cyfrowym. Ciekawym rozwiązaniem takiego przyrządu jest prędkościomierz projekcyjny. Liczby określające prędkość pojazdu są rzutowane za pomocą lustra na przednią szybę pojazdu dokładnie w polu widzenia kierowcy. Urządzenie to (tzw. *head-up display*) umożliwia rzutowanie również sygnałów ostrzegawczych, np. „stop" — po przekroczeniu określonej prędkości.

Obrotomierz służy do pomiaru prędkości obrotowej silnika. Jego wskazania ułatwiają kierowcy dobranie odpowiedniej prędkości obrotowej silnika, aby pracował on w zakresie zbliżonym do maksymalnego momentu obrotowego. Najlepiej są wówczas wykorzystywane właściwości napędowe silnika, zwiększa się jego trwałość i zmniejsza zużycie paliwa.

Najczęściej stosuje się obrotomierze elektroniczne. Ich zasada działania jest oparta na wykorzystaniu zależności częstotliwości impulsów wytwarzanych w układzie zapłonowym (silniki z zapłonem iskrowym) lub częstotliwości prądu przemiennego wytwarzanego przez alternator (silniki z zapłonem samoczynnym) od prędkości obrotowej silnika.

Licznik kilometrów służy do zliczania kilometrów przebytych przez pojazd od początku jego eksploatacji. Dodatkowy (zerowy) licznik umożliwia zaliczanie kilometrów przebytych w określonym czasie (np. w ciągu dnia, od pobrania paliwa).

Budowę licznika kilometrów wraz z prędkościomierzem przedstawia rys. 11.31. Jest on napędzany tą samą linką w pancerzu, która napędza prędkościomierz. Licznik przebytej drogi składa się z liczydła o sześciu bębenkach z namalowanymi na obwodzie cyframi od 0 do 9.



Rys. 11.31. Prędkościomierz z licznikiem kilometrów wg [1]: *a*) widok z boku; *b*) widok z przodu

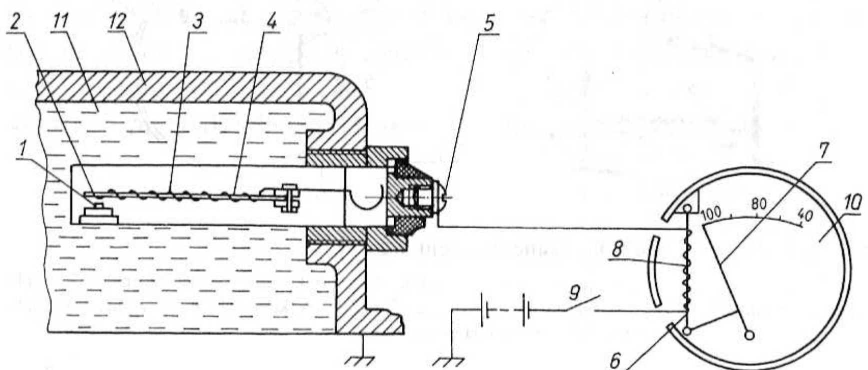
1, *2* — przekładnie ślimakowe, *3* — bębenek cyfrowy, *4* — sprężyna zwrotna

Bębenek jest napędzany za pośrednictwem trzech przekładni ślimakowych przez wałek napędowy magnesu prędkościomierza. Pełny obrót bębenka odpowiada drodze równej 1 km. Przełożenie między każdym następnym i poprzednim bębenkiem wynosi 1:10. Przełożenie jest tak dobierane, aby na 1 km przejechanej drogi przypadało 1000 obrotów wałka giętkiego.

11.2.3. Kontrola układu chłodzenia

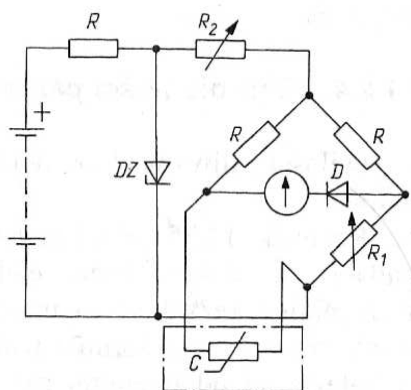
Wskaźnik temperatury cieczy chłodzącej — umieszczony w układzie chłodzenia silnika — informuje kierowcę o warunkach cieplnych pracy silnika, dzięki czemu można uniknąć przegrzania lub przechłodzenia silnika. Wskaźnik temperatury cieczy chłodzącej składa się z dwóch przyrządów: czujnika, wkręconego w układ chłodzenia, i wskaźnika umieszczonego na tablicy rozdzielczej pojazdu.

Wewnątrz czujnika (rys. 11.32) znajduje się przerywacz z płytką bimetalową *4*. Im wyższą temperaturę ma ciecz chłodząca, tym krótsze są okresy zwarcia styków czujnika (*1* i *2*) i tym mniejsze są odkształcenia płytki bimetalowej *6* wskaźnika z nim współpracującego. Gdy temperatura wody osiągnie 100°C, prąd w układzie przestaje płynąć i wskazówka *7* zatrzymuje się na wskazie (kresce) 100. Gdy prąd jest wyłączony (np. w czasie postoju samochodu) i silnik jest zimny, wówczas płytka bimetalowa jest wyprostowana i wskazówka również wskazuje temperaturę 100°C.



Rys. 11.32. Budowa wskaźnika temperatury wody wg [20]

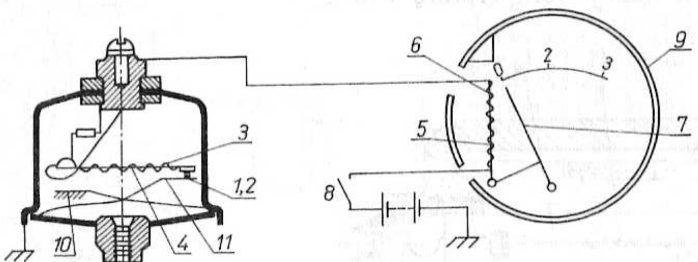
1, *2* — styki czujnika, *3* — uzwojenie grzejne czujnika, *4* — płytka bimetalowa czujnika, *5* — zacisk, *6* — płytka bimetalowa wskaźnika, *7* — wskazówka, *8* — uzwojenie grzejne wskaźnika, *9* — wyłącznik zapłonu, *10* — wskaźnik, *11* — ciecz chłodząca, *12* — korpus silnika



Rys. 11.33. Układ do pomiaru temperatury oleju w silniku z zastosowaniem termistora wg [12]

Jako czujniki temperatury szerokie zastosowanie znalazły diody i termistory. Przykładem może być termistorowy układ mostkowy (rys. 11.33) do pomiaru temperatury oleju w silniku.

Wskaźnik ciśnienia oleju informuje kierowcę o tym, czy w układzie smarowania silnika panuje właściwe ciśnienie (na ogół $0{,}2 \div 0{,}5$ MPa = $2 \div 5$ kG/cm^2). Wskaźnik taki (rys. 11.34) jest stosowany tylko w silnikach smarowanych pod ciśnieniem. Jest on zbudowany tak samo jak wskaźnik temperatury wody, jedynie jego podziałka jest wyskalowana w kG/cm^2.



Rys. 11.34. Budowa czujnika ciśnienia oleju wg [1]

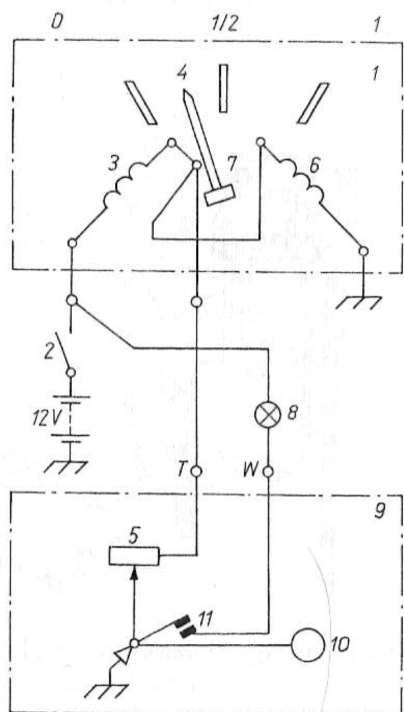
1, 2 — styki czujnika, *3* — uzwojenie grzejne czujnika, *4* — płytka bimetalowa czujnika, *5* — płytka bimetalowa wskaźnika, *6* — uzwojenie grzejne wskaźnika, *7* — wskazówka, *8* — wyłącznik zapłonu, *9* — wskaźnik, *10* — membrana, *11* — sprężyna z zestykiem

Po uruchomieniu silnika ciśnienie oleju w silniku wzrasta. Olej wywiera nacisk na przeponę czujnika, unosząc ją wraz z dźwignią ze stykiem. Nagrzewając się bimetalowa dźwignia wskaźnika wygina się i dalej wychyla wskazówkę, odpowiednio do panującego w układzie ciśnienia.

11.2.4. Kontrola ilości paliwa

O ilości paliwa w zbiorniku informuje kierowcę wskaźnik poziomu paliwa.

Rysunek 11.35 przedstawia schemat układu do pomiaru ilości paliwa ze wskaźnikiem elektromagnetycznym współpracującym z czujnikiem rezystancyjnym. W takim układzie czujnik jest zamocowany sztywno w zbiorniku paliwa, a pływak, zmieniający położenie w zależności od poziomu paliwa, swym ruchomym ramieniem jest sprzężony z suwakiem rezystora. Zmiana położenia pływaka powoduje zmianę rezystancji czujnika. W przypadku obniżenia się poziomu pływak opada i gdy znajdzie się na ustalonej przez producenta wysokości, następuje zwarcie styków zamykających obwód sygnalizacji świetlnej (sygnalizacja rezerwy paliwa). Gdy pływak znajduje się w najniższym położeniu (brak paliwa), w obwód cewek jest włączona najmniejsza rezystancja. Rezystancja całego obwodu również jest wtedy najmniejsza i prąd osiąga maksymalną wartość. Maksymalne jest też oddziaływanie pola magnetycznego cewki (do której jest podłączony rezystor) na rdzeń. Przy nieznacznym oddziaływaniu drugiej cewki rdzeń — z przytwierdzoną do niego wskazówką — ulega skręceniu i wskazówka wskazuje „zero". Gdy wzrasta ilość paliwa, wówczas pływak się unosi, rezystancja czujnika wzrasta, maleje więc prąd w cewce i jej pole magnetyczne. Dzięki temu maleje siła oddziaływania na rdzeń ze wskazówką. Wskazówka wychyla się, wskazując na podziałce wartość odpowiadającą poziomowi paliwa.



Rys. 11.35. Schemat układu do kontroli ilości paliwa ze wskaźnikiem elektromagnetycznym współpracującym z czujnikiem rezystancyjnym wg [1]

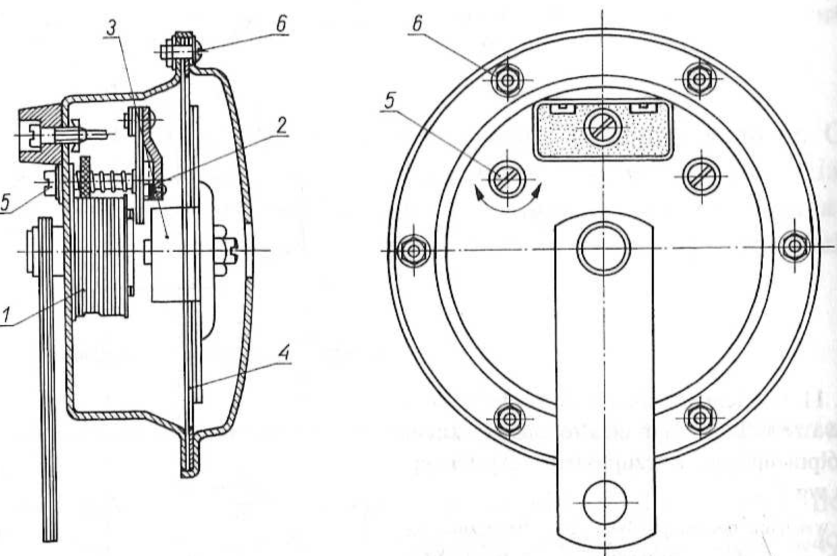
1 — wskaźnik poziomu paliwa, *2* — wyłącznik zapłonu, *3* — cewka wskaźnika, *4* — wskazówka, *5* — czujnik rezystancyjny, *6* — cewka wskaźnika, *7* — ruchomy rdzen wskaźnika, *8* — lampka sygnalizacji rezerwy, *9* — zbiornik paliwa, *10* — pływak, *11* — styki czujnika

11.2.5. Sygnał dźwiękowy

Sygnał dźwiękowy służy do ostrzegania użytkowników drogi o ewentualnym zagrożeniu. Obecnie są używane sygnały elektromagnetyczne, przetwarzające energię elektryczną na drgania akustyczne o natężeniu dźwięku ponad 100 dB. Sygnał dźwiękowy jest obowiązkowym wyposażeniem pojazdu.

Rysunek 11.36 przedstawia sygnał płaski jednotonowy (bywają też wielotonowe). Sygnał taki składa się z rdzenia z uzwojeniem prądowym *1*, styków przerywacza *2* rozwieranych naciskiem zwory *3*, membrany stalowej *4* i kondensatora zapobiegającego iskrzeniu styków. Całość jest umieszczona w obudowie.

Po włączeniu sygnału cewka przyciąga zworę, a wraz z nią membranę, powodując rozwarcie styków przerywacza. Zwora z membraną, osadzone na wspólnym trzpieniu, pod naciskiem płaskiej sprężyny powracają do położenia wyjściowego. Styki przerywacza zostają ponownie zwarte i cykl się powtarza. Drgająca w ten sposób membrana wytwarza fale dźwiękowe. Do wzmocnienia i ustalenia kierunku



Rys. 11.36. Sygnał dźwiękowy wg [1]

1 — rdzeń z uzwojeniem, *2* — styki przerywacza, *3* — zwora, *4* — membrana, *5* — wkręt regulacyjny, *6* — śruby mocujące pokrywę i membranę

rozchodzenia się fal dźwiękowych często stosuje się rezonatory tubowe. Regulacji tonu sygnału dokonuje się wkrętem regulacyjnym *5*: obracając wkręt w prawo — wzmacniamy dźwięk, a obracając w lewo — osłabiamy.

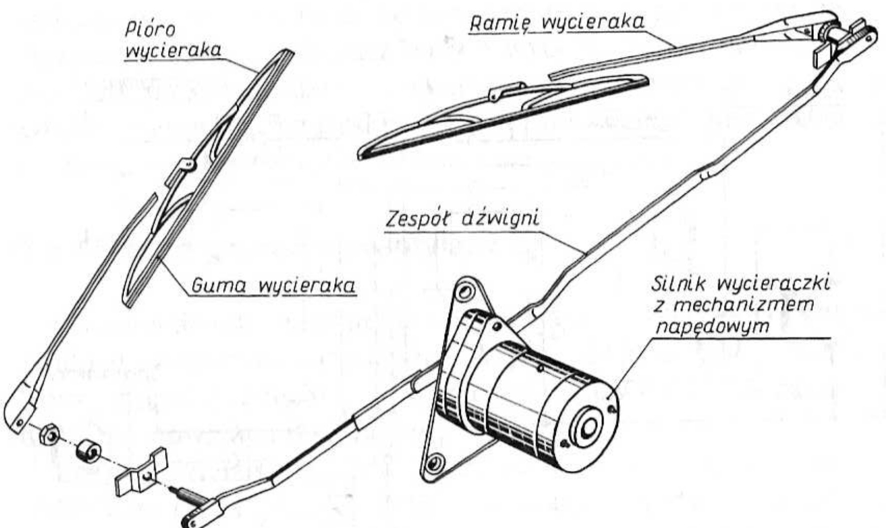
Ze względu na duży pobór prądu przez sygnał dźwiękowy do jego uruchamiania często stosuje się przekaźnik elektromagnetyczny.

11.2.6. Wycieraczki i spryskiwacze szyb

Wycieraczki służą do usuwania z szyb wody i śniegu w celu zapewnienia kierowcy dobrej widoczności podczas opadów atmosferycznych. Mają one istotny wpływ na bezpieczeństwo jazdy. Na ogół stosuje się wycieraczki napędzane silnikiem elektrycznym prądu stałego. Praca wycieraczek może być programowana za pomocą programatora elektronicznego lub przerywana za pomocą przerywacza.

Do zmywania szyb z jednoczesnym użyciem wycieraczek służy spryskiwacz szyb, wyposażony w pompkę — ręczną lub elektryczną.

Elektromechaniczny układ napędu wycieraczek przedstawia rys. 11.37. Wirnik **silnika napędowego** — przeważnie bocznikowo-szeregowego — jest osadzony w dwóch samosmarownych łożyskach



Rys. 11.37. Układ napędowy wycieraczek wg [1]

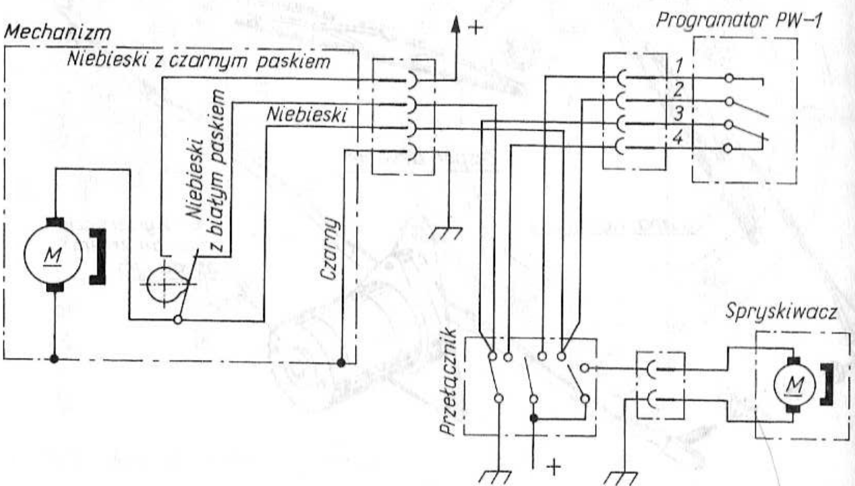
ślizgowych. Uzwojenie wzbudzenia składa się z dwóch cewek, osadzonych na dwóch nabiegunnikach. Na jednym nabiegunniku jest osadzona cewka bocznikowa, a na drugim — cewka szeregowa (hamowania). Szczotki doprowadzające prąd do uzwojenia wirnika są oparte na komutatorze — w osi symetrii nabiegunników.

Układ przeniesienia napędu umożliwia zamianę ruchu obrotowego wałka przekładni redukcyjnej silnika na ruch wahadłowy trzpieni, na których są osadzone **ramiona wycieraczek**.

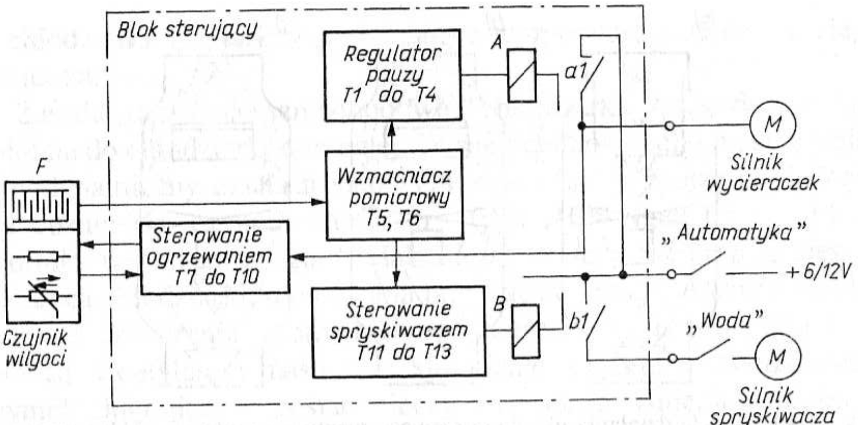
Na ramionach wycieraczek są zamocowane **pióra wycieraków**. Pióra wykonują ruch wahadłowy. Element wycierający szybę jest z gumy.

Układ elektryczny połączeń silnika napędowego wycieraczek, silnika pompy spryskiwacza szyb oraz programatora pracy wycieraczek przedstawia rys. 11.38. Programator PW-1 umożliwia ciągłą pracę wycieraczek (liczba wahnięć 60 ± 5 na minutę) lub pracę programowaną (od 2 do 30 wahnięć na minutę).

Omówiony system oczyszczania szyb nazywamy półautomatycznym, gdyż o włączeniu i wyłączeniu wycieraczek decyduje kierowca. W systemach automatycznych wycieraczki włączają się w chwili pojawienia się kropel wody na szybie. Odpowiedni czujnik reguluje też częstotliwość wahnięć w zależności od potrzeb oraz steruje pompką spryskiwacza.



Rys. 11.38. Schemat elektryczny połączeń silnika wycieraczek wg [12]



Rys. 11.39. Schemat funkcjonalny urządzenia automatycznie sterującego wycieraczkami wg [11]

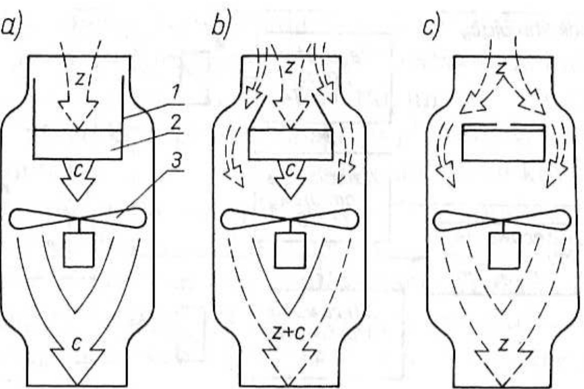
Urządzenie automatyczne (rys. 11.39):
— włącza wycieraczki w chwili pojawienia się kropel wody na szybie,
— uruchamia spryskiwacz w celu spłukania szyby,
— zatrzymuje wycieraczki po osuszeniu szyby.

Po zatrzymaniu pojazdu (np. na skrzyżowaniu) urządzenie to przełącza wycieraczki na pracę przerywaną, a po ponownym ruszeniu z miejsca włącza spryskiwacz wraz z wycieraczkami. Podczas wymijania lub po przejeździe samochodu wyprzedzającego urządzenie szybciej reaguje na rozpryskiwane z jezdni wodę i błoto, zalewające szybę, niż mógłby to uczynić kierowca.

11.2.7. Układ grzewczo-wentylacyjny

Utrzymanie odpowiedniej temperatury we wnętrzu pojazdu zapewnia układ grzewczo-wentylacyjny. W jego skład wchodzi m.in. dmuchawa, której zadaniem jest wymuszania nawiewu nagrzanego lub chłodnego powietrza do wnętrza pojazdu.

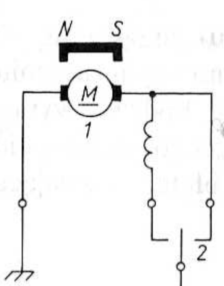
Zasadę działania układu ogrzewania i wentylacji samochodu przedstawia rys. 11.40. Ruchome przesłony *1* są sterowane dźwignią z wnętrza pojazdu. Zadaniem dmuchawy *3* jest zwiększenie strumienia powietrza tłoczonego do wnętrza pojazdu w celu uzyskania efektu



Rys. 11.40. Zasada działania układu ogrzewczo-wentylacyjnego wg [21]: *a)* ogrzewanie; *b)* ogrzewanie i wentylacja; *c)* wentylacja

1 — przesłony, *2* — grzejnik, *3* — dmuchawa

ogrzewania lub wentylacji w przypadku powolnej jazdy lub na postoju. Dmuchawa jest wyposażona najczęściej w trzybiegowy silnik elektryczny prądu stałego. Przy największej prędkości napięcie jest doprowadzone bezpośrednio do szczotek twornika (rys. 11.41). Przy mniejszych prędkościach do obwodu twornika zostaje włączona specjalna cewka, obniżająca napięcie na szczotkach twornika. Moc silnika wynosi ok. 0,03 kW.



Rys. 11.41. Schemat układu połączeń dmuchawy dwubiegowej wg [21]

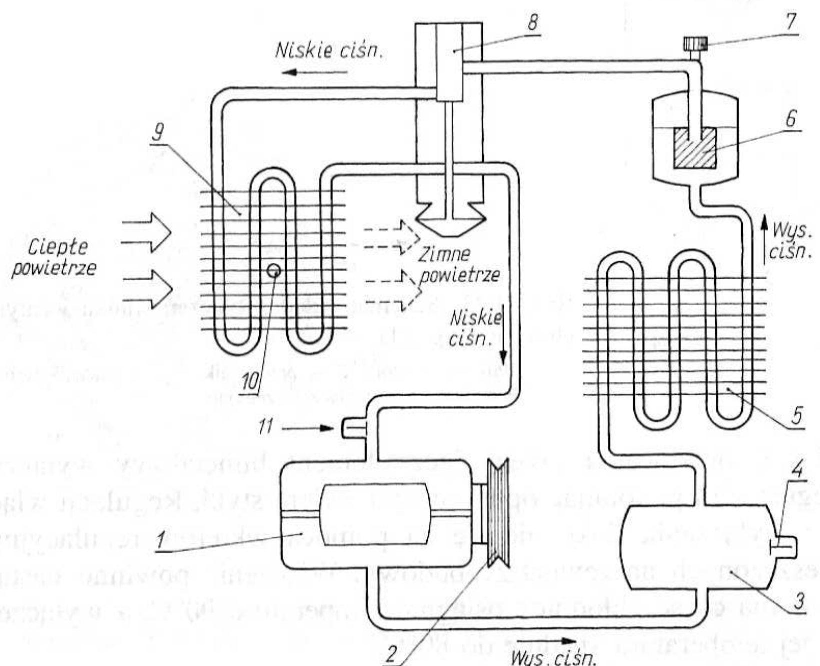
1 — silnik dmuchawy, *2* — wyłącznik, *3* — zacisk wyłącznika zapłonu

11.2.8. Klimatyzacja

W upalne dni, gdy na zewnątrz pojazdu temperatura przekracza 30°C, nadmuch powietrza z zewnątrz nie ochłodzi wnętrza pojazdu. Dlatego coraz częściej stosuje się **urządzenia klimatyzacyjne**

— chłodziarki sprężarkowe, obniżające temperaturę nadmuchiwanego powietrza.

Zasada działania samochodowej chłodziarki sprężarkowej jest podobna do chłodziarki domowej. W samochodowej chłodziarce obieg termodynamiczny działa następująco (rys. 11.42): Sprężarka *1* tłoczy pod ciśnieniem czynnik chłodniczy typu R134 (gaz CF_3CH_2F) do zbiornika wyrównawczego *3* i dalej do skraplacza *5*. Skraplacz jest to chłodnica chłodziarki, montowana przeważnie przed chłodnicą silnika. Wskutek chłodzenia strumieniem powietrza w czasie jazdy lub za pomocą wentylatora następuje skroplenie czynnika chłodniczego. Czynnik chłodniczy w postaci cieczy o wysokim ciśnieniu przechodzi przez filtr z odwadniaczem *6* do zaworu rozprężającego *8*, gdzie następuje obniżenie ciśnienia. Ciekły i chłodny czynnik o obniżonym ciśnieniu przechodzi do parownika *9*, w którym odbiera ciepło od tłoczonego przez dmuchawę powietrza — ochładzając je. Czynnik



Rys. 11.42. Schemat działania samochodowej chłodziarki sprężarkowej

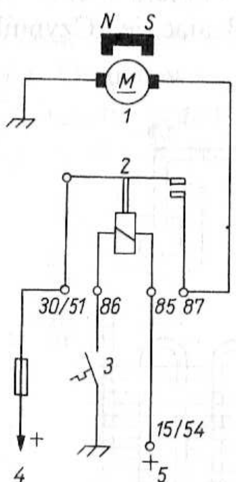
1 — sprężarka, *2* — sprzęgło elektromagnetyczne, *3* — zbiornik wyrównawczy, *4* — napełnianie gazem o wysokim ciśnieniu, *5* — skraplacz, *6* — filtr z odwadniaczem, *7* — zawór bezpieczeństwa, *8* — zawór rozprężający, *9* — parownik (chłodnica powietrza), *10* — czujnik temperatury

chłodniczy po ogrzaniu w parowniku (chłodnicy powietrza) odparowuje i w stanie gazowym (gaz o niskim ciśnieniu) jest zasysany przez sprężarkę *1*, rozpoczynając ponowny cykl pracy.

Urządzeniem klimatyzacyjnym można sterować ręcznie lub elektronicznie, programując wg upodobania temperaturę wnętrza pojazdu.

11.2.9. Wentylator chłodnicy, sprzęgło elektromagnetyczne

W celu zwiększenia intensywności chłodzenia cieczy w układzie chłodzenia silnika stosuje się wentylator. Wentylator jest napędzany silnikiem elektrycznym, zwykle o mocy 70 W. Ze względu na dużą moc silnik jest włączany za pośrednictwem przekaźnika. Włączanie silnika odbywa się za pomocą wyłącznika termicznego (rys. 11.43).

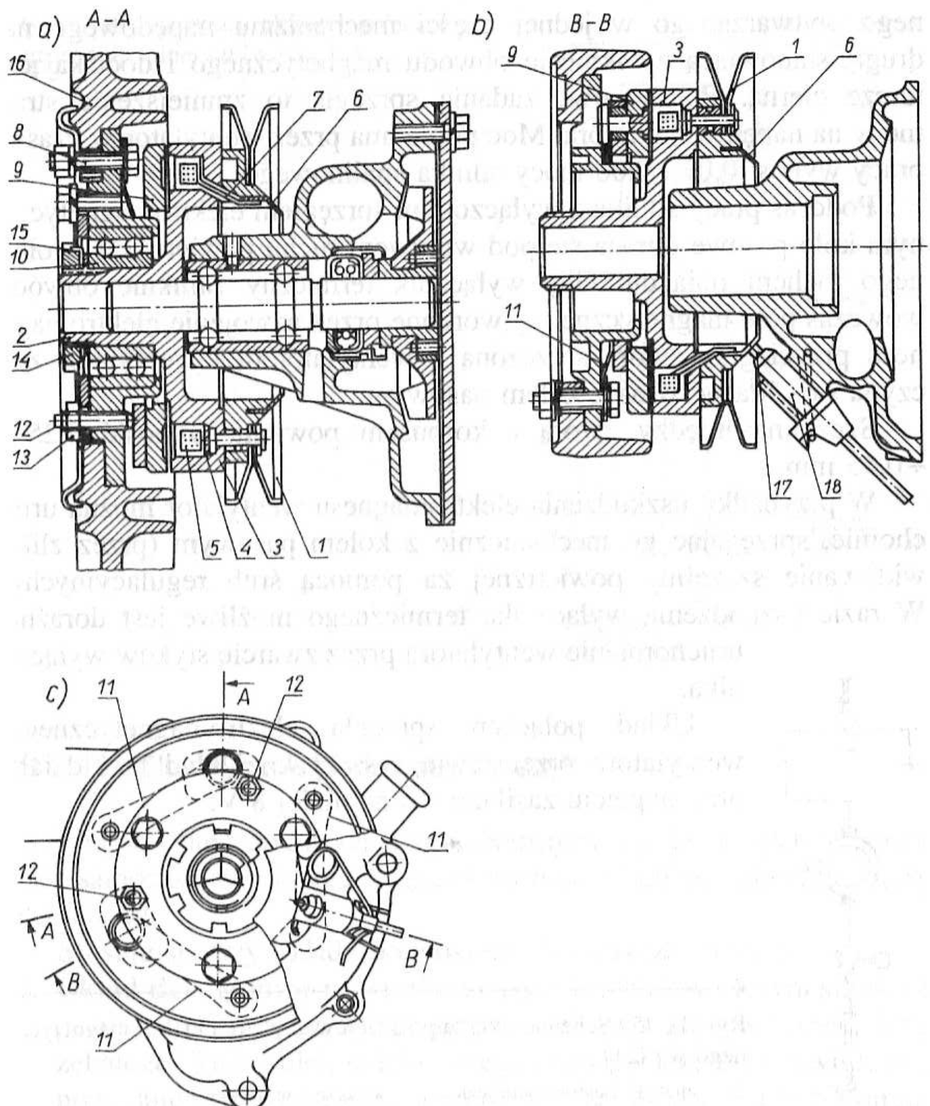


Rys. 11.43. Schemat układu połączeń silnika wentylatora chłodnicy wg [21]

1 — silnik wentylatora, *2* — przekaźnik, *3* — wyłącznik termiczny, *4* — akumulator, *5* — wyłącznik zapłonu

Wskutek ogrzewania przez ciecz element bimetalowy wyłącznika przegina się i pokonując opór sprężyn zwiera styki. Regulacji włączania i wyłączania dokonuje się za pomocą wkrętów regulacyjnych, umieszczonych na zewnątrz obudowy. Włączenie powinno nastąpić, gdy dolna część chłodnicy osiągnie temperaturę 90°C, a wyłączenie, gdy jej temperatura spadnie do 80°C.

Innym rozwiązaniem układu wymuszania przepływu powietrza przez chłodnicę jest zastosowanie wentylatora sprzęganego z kołem pasowym za pomocą sprzęgła elektromagnetycznego (rys. 11.44). W układzie tym wykorzystano oddziaływanie strumienia magnetycz-



Rys. 11.44. Elektromagnetyczne sprzęgło wentylatora chłodnicy wg [21]: *a)* przekrój *A-A*; *b)* przekrój *B-B* (bez łożysk i wałka); *c)* widok od strony czołowej

1 — koło pasowe, *2*, *3* — piasta koła pasowego i korpus elektromagnesu, *4* — gniazdo uzwojenia elektromagnesu, *5* — uzwojenie elektromagnesu, *6* — kolektor, *7* — przewód kolektor-elektromagnes, *8* — śruba mocująca wentylator do piasty, *9* — zwora elektromagnesu, *10* — łożysko wentylatora, *11* — sprężyny płaskie odciągające tarcze elektromagnesu, *12* — śruby regulujące szczelinę elektromagnesu, *13* — nakrętki kontrujące śrub regulacyjnych, *14* — nakrętka mocująca łożyska, *15* — podkładka zabezpieczająca, *16* — wentylator, *17* — szczotka, *18* — uchwyt szczotki

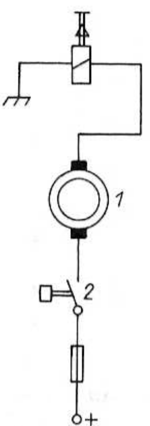
nego wytwarzanego w jednej części mechanizmu napędowego na drugą, stanowiącą zamknięcie obwodu magnetycznego i dociskającą tarczę cierną. Podstawowe zadanie sprzęgła to zmniejszenie strat mocy na napęd wentylatora. Moc pobierana przez wentylator w czasie pracy wynosi 0,03 ÷ 0,06 mocy silnika spalinowego.

Podczas pracy silnika z wyłączonym sprzęgłem elektromagnetycznym koło pasowe obraca się pod wpływem ruchu powietrza wywołanego ruchem pojazdu. Gdy wyłącznik termiczny zamknie obwód, wówczas pole magnetyczne wytworzone przez uzwojenie elektromagnesu przyciągnie zworę sprzężoną z wentylatorem i wentylator zaczyna się obracać wraz z kołem pasowym.

Szczelina między zworą a korpusem powinna wynosić 0,25 ÷ ÷ 0,45 mm.

W przypadku uszkodzenia elektromagnesu wentylator można uruchomić, sprzęgając go mechanicznie z kołem pasowym (przez zlikwidowanie szczeliny powietrznej za pomocą śrub regulacyjnych). W razie uszkodzenia wyłącznika termicznego możliwe jest doraźne uruchomienie wentylatora przez zwarcie styków wyłącznika.

Układ połączeń sprzęgła elektromagnetycznego wentylatora przedstawia rys. 11.45. Układ taki działa przy napięciu zasilania co najmniej 8 V.

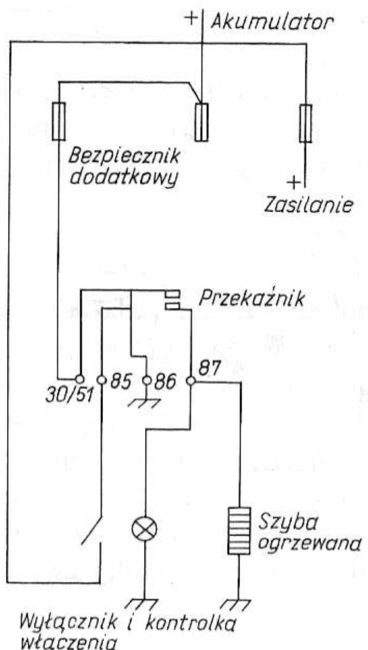


Rys. 11.45. Schemat układu połączeń wentylatora elektromagnetycznego wg [21]

1 — sprzęgło elektromagnetyczne, *2* — wyłącznik termiczny

11.2.10. Elektryczne ogrzewanie szyb

Na tylnej szybie samochodu umieszcza się rezystancyjne elementy grzejne. Pod wpływem przepływającego prądu elementy te nagrzewają się, powodując usunięcie pary lub szronu z szyby. Moc pobierana przez ten układ przekracza 100 W, dlatego włącza się go za pośrednictwem przekaźnika (rys. 11.46).



Rys. 11.46. Schemat układu połączeń ogrzewania tylnej szyby wg [13]

11.2.11. Elektryczne podnoszenie szyb

Podnoszenie i opuszczanie szyb bocznych czy dachowych w pojazdach samochodowych coraz częściej wykonuje zamiast człowieka silnik elektryczny.

Stosuje się trzy układy podnoszenia i opuszczania szyb:

1. **Układ dźwigniowo-przegubowy** (rys. 11.47*a*), w którym silnik za pośrednictwem przekładni ślimakowej przesuwa wycinek koła zębatego. To z kolei, dzięki przegubowo połączonym dźwigniom, powoduje podnoszenie lub opuszczanie zabieraka *3*, a tym samym — szyby.
2. **Układ linkowy** (rys. 11.47*b*) — najczęściej stosowany — w którym na krążek szpulowy nawija się lub z którego rozwija się linka *5*, przymocowana do zabieraka *3*.
3. **Układ listwy zębatej** (rys. 11.47*c*), w którym dzięki przekładni napędowej silnikiem jest przesuwana elastyczna listwa zębata *6*. Wtedy w pionowej szynie prowadzącej *2* następuje podnoszenie lub opuszczanie zabieraka *3* wraz z szybą.

Rys. 11.47. Układy podnoszenia szyb: *a*) dźwigniowo-przegubowy; *b*) linkowy; *c*) za pomocą listwy zębatej

1 — silnik z przekładnią, *2* — szyna prowadząca, *3* — zabierak, *4* — mechanizm dźwigniowo-przegubowy, *5* — linka, *6* — elastyczna listwa zębata

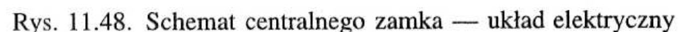
Ze względu na bezpieczeństwo pasażerów stosuje się **zabezpieczenie elektroniczne**, uniemożliwiające zakleszczenie ręki, palców, odzieży itp. Powoduje ono, że silnik napędzający układ podnoszenia szyb wyłączy się, jeżeli szyba napotka opór, a po chwili włączy się w celu opuszczenie szyby.

Sterowanie układu podnoszenia szyb może odbywać się przełącznikami wewnątrz pojazdu lub na odległość — za pomocą nadajnika zakodowanych fal podczerwieni (pilotem).

11.2.12. Centralny zamek

Blokowanie zamków wszystkich drzwi pojazdu, pokrywy bagażnika i wlewu paliwa może być również wykonywane przez urządzenia elektromechaniczne. Obecnie stosuje się dwa układy centralnego blokowania zamków:
— układ pneumatyczny,
— układ elektryczny.

1. W **układzie pneumatycznym** wykorzystano silnik elektryczny do napędzania pompy wytwarzającej nadciśnienie albo podciśnienie, zależnie od kierunku obrotów silnika. Przewody ciśnieniowe są połączone z pompą i ryglami poszczególnych zamków. Podciśnienie powoduje wciskanie rygla, co blokuje zamek; nadciśnienie — zwalnia blokadę. W układzie tym występuje tylko jeden silnik elektryczny, napędzający pompę pneumatyczną na czas otwierania i zamykania blokady zamków. Układ jest niezależny od otwierania i zamykana ręcznego (kluczykiem).



Rys. 11.48. Schemat centralnego zamka — układ elektryczny

2. W **układzie elektrycznym** każdy zamek jest obsługiwany osobnym silnikiem elektrycznym. Blokada i zwalnianie zamka odbywa się za pośrednictwem przekładni ślimakowej. Układ jest niezależny od otwierania i zamykania ręcznego. Układ elektryczny centralnego zamka przedstawiono na rys. 11.48.

Sterowanie centralnym zamkiem w obu układach może odbywać się na odległość za pomocą nadajnika zakodowanych fal podczerwieni (pilota) lub przełącznikiem wewnątrz pojazdu.

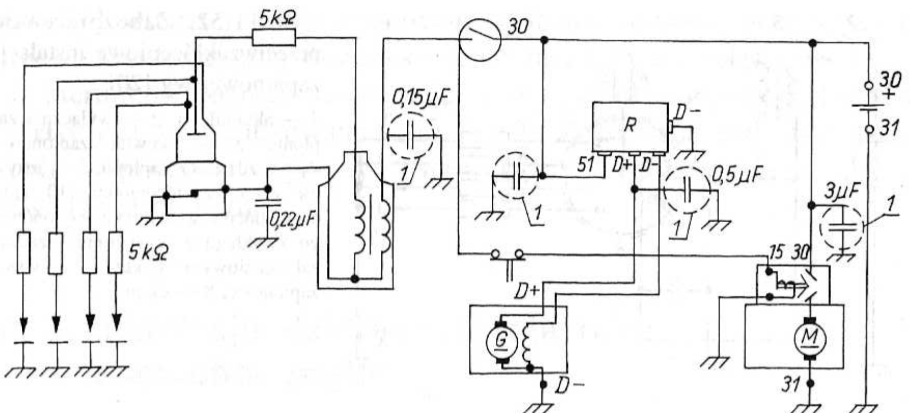
11.2.13. Urządzenia radiowe, zakłócenia radioelektryczne

Odbiornik radiowy w samochodzie nie tylko dostarcza kierowcy rozrywki, lecz jest także źródłem informacji o sytuacji na drogach, warunkach meteorologicznych. Radio zapobiega znużeniu i zaśnięciu w czasie prowadzenia pojazdu. Pracę odbiornika radiowego często utrudniają zakłócenia, dlatego konieczne jest stosowanie tzw. elementów przeciwzakłóceniowych. Do typowych elementów przeciwzakłóceniowych należą rezystory przeciwzakłóceniowe, kondensatory i ekrany (głównie przewodów wysokiego napięcia).

Źródłem zakłóceń radioelektrycznych w pojeździe samochodowym mogą być:

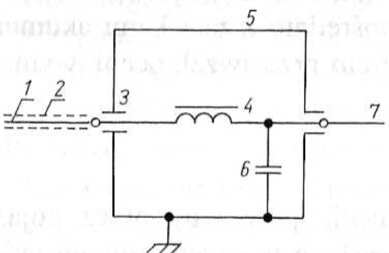
— układ zapłonu elektrycznego (iskra zapłonowa, rozdzielacz, przerywacz);
— prądnica (regulator, komutator);
— odbiorniki prądu w chwili ich włączania i wyłączania;
— silniki elektryczne wycieraczek, grzejników, wentylatorów;
— elektryczna pompa paliwa;
— rozrusznik (iskrzenie komutatora i styków wyłącznika);
— sygnał dźwiękowy (iskrzenie styków przerywacza);
— kierunkowskazy (iskrzenie styków przerywacza);
— wskaźniki elektryczne;
— występowanie ładunków elektrostatycznych.

Zakłócenia, których źródłem jest układ zapłonowy, charakteryzują się specyficznymi trzaskami, których częstotliwość zmienia się wraz ze zmianą prędkości obrotowej silnika. Zakłócenia mające źródło w układzie prądnica–regulator charakteryzują się ostrym szumem.



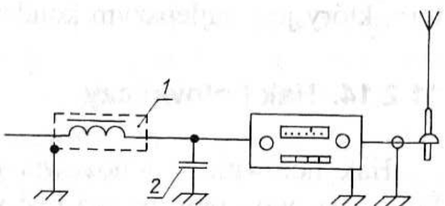
Rys. 11.49. Schemat instalacji elektrycznej samochodu z podstawowymi elementami przeciwzakłóceniowymi wg [13]

1 — dodatkowe kondensatory, *R* — regulator



Rys. 11.50. Schemat filtru przeciwzakłóceniowego wg [20]

1 — przewód przenoszący zakłócenia, *2* — ekran, *3* — kondensator przepustowy, *4* — dławik, *5* — obudowa, *6* — kondensator, *7* — przewód wyjściowy (bez zakłóceń)

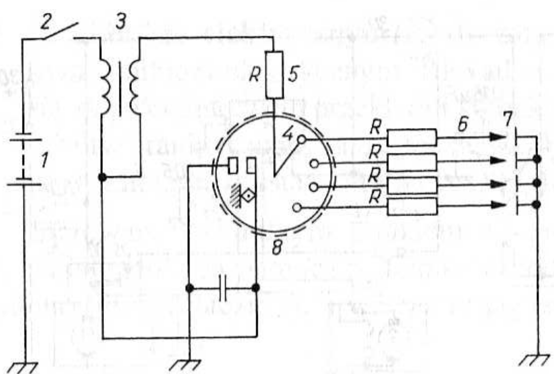


Rys. 11.51. Sposób montażu filtru przeciwzakłóceniowego w układzie zasilania odbiornika radiowego wg [13]

1 — dławik, *2* — kondensator

Rozmieszczenie elementów przeciwzakłóceniowych w instalacji elektrycznej pojazdu przedstawia rys. 11.49. Sposób montażu filtru przeciwzakłóceniowego (rys. 11.50) przedstawiono na rys. 11.51.

Elementami tłumiącymi zakłócenia powstałe wskutek pracy układu zapłonowego są rezystory o rezystancji 5 ÷ 10 kΩ (rys. 11.52), połączone szeregowo z przewodami wysokiego napięcia. Rezystory są również wbudowane w końcówki rozdzielacza i końcówki nasadowe



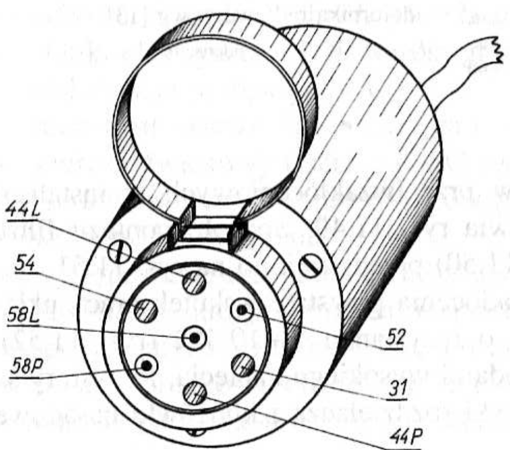
Rys. 11.52. Zabezpieczenie przeciwzakłóceniowe instalacji zapłonowej wg [20]

1 — akumulator, *2* — wyłącznik zapłonu, *3* — cewka zapłonowa, *4* — rozdzielacz zapłonu, *5* — rezystor przeciwzakłóceniowy (10 kΩ), *6* — końcówka przewodu zapłonowego zwykłego z rezystorem przeciwzakłóceniowym 10 kΩ, *7* — świece zapłonowe, 8 — ekran

świec zapłonowych. Zespół zasilający — tzn. prądnicę i regulator napięcia — ekranizuje się przez włączenie kondensatorów (o pojemności 0,5 µF i 2,5 µF) do zacisków D^+ prądnicy i *51* regulatora (rys. 11.49). Kondensatory należy montować jak najbliżej źródła zakłóceń, w przeciwnym razie przewody stają się anteną emitującą zakłócenia. Odbiornik radiowy należy łączyć bezpośrednio z zaciskami akumulatora, który jest najlepszym kondensatorem przeciwzakłóceniowym.

11.2.14. Hak holowniczy

Hak holowniczy umożliwia ciągnięcie przyczepy przez pojazd. Ponieważ przyczepy muszą być wyposażone w światła zintegrowane ze światłami pojazdu holującego i sterowane przez kierowcę, przeto na



Rys. 11.53. Oznaczenie i przeznaczenie zacisków w gnieździe wtykowym haka holowniczego

31 — do masy samochodu, *44L* — lewy kierunkowskaz, *44P* — prawy kierunkowskaz, *54* — światła hamowania, *58L* — światło pozycyjne lewe, *58P* — światło pozycyjne prawe, *52* — tylne światło przeciwmgłowe

haku holowniczym jest zainstalowane gniazdo wtykowe elektrycznych przewodów łączących. Rozmieszczenie zacisków do połączenia świateł kierunkowskazów, hamowania, pozycyjnych, przeciwmgłowych i masy jest znormalizowane (rys. 11.53). Znajomość rozmieszczenia kabli w gnieździe wtykowym ułatwia usunięcie ewentualnej awarii oświetlenia przyczepy.

11.3. Instalacje elektryczne pojazdów samochodowych

11.3.1. Rodzaje instalacji

W pojazdach samochodowych stosuje się instalacje dwuprzewodowe: nieizolowane, izolowane i dwunapięciowe.

Instalacja dwuprzewodowa nieizolowana to taka instalacja, w której metalową konstrukcję pojazdu wykorzystuje się jako jeden przewód (masę), drugi zaś przewód — izolowany — łączy wszystkie odbiorniki ze źródłem prądu. Praktycznie jest to więc instalacja jednoprzewodowa. Ma ona zastosowanie do napięcia 6, 12 lub 24 V.

Instalacja dwuprzewodowa izolowana to instalacja, w której obydwa przewody są izolowane od masy pojazdu w celu zapewnienia bezpieczeństwa przeciwpożarowego (np. w cysternach). Instalacja taka ma zastosowanie do napięcia 6, 12 lub 24 V.

Instalacja dwuprzewodowa dwunapięciowa to taka instalacja, w której masa pojazdu stanowi jeden przewód, a drugi jest izolowany. W tym przypadku stosuje się napięcie 12 i 24 V (np. w dużych pojazdach ciężarowych i specjalnych). Napięcie 24 V stosuje się do rozruchu; pozostałe odbiorniki są zasilane napięciem 12 V.

Ze względu na wykonywane zadania każdą instalację samochodową można podzielić na 3 podstawowe obwody:
— dostarczania energii,
— rozruchu,
— zasilania odbiorników.

Obwód dostarczania energii to prądnica i akumulator, połączone biegunami ujemnymi z masą (–). Tworzą razem obwód elektryczny, sterowany samoczynnym wyłącznikiem. O pracy obwodu informuje

kierowcę czerwona lampka kontrolna na tablicy rozdzielczej — gasnąca, gdy pobór prądu w całej instalacji zaspokaja prądnica. Powinno to nastąpić po przekroczeniu prędkości obrotowej biegu jałowego silnika.

Obwód rozruchu składa się z akumulatora, rozrusznika, wyłącznika (stacyjki) i przewodów łączących. Przewody łączące ze względu na przewodzenie dużych prądów (rozrusznik — do 600 A) mają duże przekroje, a wyłączniki są chronione przekaźnikami elektromagnetycznymi.

Obwód zasilania odbiorników tworzą wiązki splecionych kabli o różnych kolorach w celu ułatwienia identyfikacji. Wszystkie odbiorniki prądu w instalacji samochodowej są połączone równolegle, tzn. ich bieguny ujemne są połączone z masą (–), a dodatnie — z przewodem zasilającym.

11.3.2. Przewody elektryczne

Przewody elektryczne stosowane w pojazdach samochodowych są produkowane zgodnie z normami PN-74/E-90181 i PN-74/E-90184. Są to **przewody niskiego napięcia jednożyłowe** typu LgY-S lub LgYd-S, co znaczy: przewody samochodowe (S) o żyle miedzianej wielodrutowej (L) giętkie (g), o izolacji polwinitowej (Y) wzmocnionej (d).

Przeznaczone są do pracy w warunkach:
— wilgotność względna do 100%,
— temperatura od –40°C do +90°C.

Przewody niskiego napięcia wielożyłowe mają następujące oznaczenia: LgYp-S lub YLgYp-S, co znaczy: przewody samochodowe (S) o żyle miedzianej wielodrutowej (L) giętkie (g), o izolacji polwinitowej (Y), o powłoce polwinitowej (Y), płaskie (p).

Przeznaczone są do pracy w warunkach:
— wilgotność względna do 100%,
— temperatura od –40°C do +65°C.

Przewody wysokiego napięcia (wg PN-74/E-90182) mają oznaczenia LYZ-S lub LYdZ-S, co znaczy: przewody samochodowe (S) o żyle miedzianej wielodrutowej (L), o izolacji polwinitowej (Y) wzmocnionej (d), do urządzeń zapłonowych (Z).

Przeznaczone są do pracy w warunkach:
— wilgotność względna do 100%,
— temperatura od –40°C do +105°C.

Parametry techniczne przewodów wysokiego napięcia podano w tabl. 11.2 (wg PN-74/E-90182).

Litera T — dodana do oznaczenia przewodów informuje o możliwości wykorzystania ich w warunkach tropikalnych.

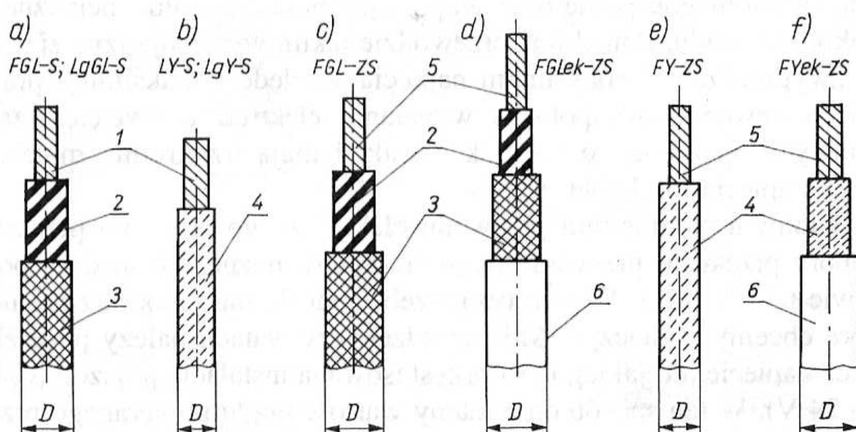
Przewody łączące zacisk akumulatora z masą pojazdu oraz stosowane w celu uzyskania wzajemnych połączeń masy silnika, podwozia i nadwozia nie mają izolacji. Przewody bez izolacji są wykonane w postaci plecionki z drutu miedzianego o przekroju 25 lub 50 mm^2.

Budowę samochodowych przewodów elektrycznych przedstawia rys. 11.54.

Tablica 11.2

Wybrane parametry techniczne samochodowych przewodów wysokiego napięcia

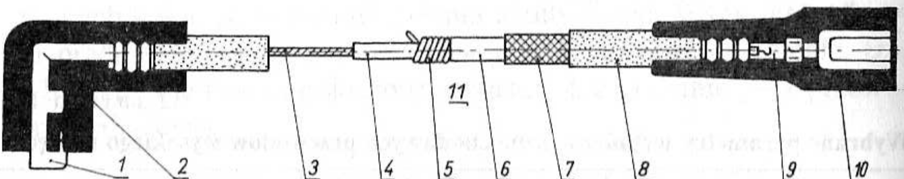
Rodzaj przewodu	Przekrój znamionowy żyły mm^2	Najmniejsza dopuszczalna liczba drutów w żyle	Grubość znamionowa izolacji	Średnica zewnętrzna	
				najmniejsza	największa
			mm		
LYZ-S	1	19	1,8	4,8	5,0
LYdZ-2		21	2,8	7,0	7,3



Rys. 11.54. Samochodowe przewody elektryczne wg [21]

1 — żyła (linka) z drutów miedzianych, *2* — powłoka gumowa, *3* — oplot bawełniany lakierowany, *4* — izolacja z polichlorku winylu, *5* — żyła (linka) z drutów stalowych ocynowanych, *6* — oplot z drutów stalowych ocynowanych

Ostatnio coraz częściej stosuje się **przewody zapłonowe z tzw. rozłożoną rezystancją** typu Bougicord (rys. 11.55). Wykonany z włókna syntetycznego rdzeń *1* zabezpiecza przewód przed rozciąganiem. Wokół rdzenia znajduje się ferryt rozproszony w tworzywie *2*, na czym jest nawinięty (jak w cewce) nierdzewny drut stopowy *3*. Te trzy warstwy otacza izolujący dielektryk *4*, opleciony (jak w przewodach antenowych TV) siatką metalową ekranizującą *5*. Z zewnątrz przewód jest otulony „płaszczem" z materiału chroniącego przed wpływami środowiskowymi.



Rys. 11.55. Budowa przewodu zapłonowego typu Bougicord:
1 — mosiężna wtyczka rozdzielacza zapłonu, *2* — osłona silikonowa rozdzielacza zapłonu, *3* — rdzeń z włókna syntetycznego, *4* — ferryt rozproszony w tworzywie, *5* — drut stopowy nierdzewny (nawinięty na ferryt), *6* — izolacyjny dielektryk, *7* — oplot z metalowych włókien (wzmacniający i ekranizujący przewód), *8* — „płaszcz" ochronny silikonowy (–50°C do +250°C), *9* — mosiężna wtyczka na świecę zapłonową, *10* — osłona silikonowa na wtyczkę świecy

Zaletą takiego przewodu jest to, że drut nawinięty na rdzeniu ferrytowym zachowuje się jak cewka — a więc bardzo dobrze tłumi pole elektromagnetyczne oraz skupia linie pola elektromagnetycznego wokół przewodu. Ponadto w przewodzie takim występuje tzw. zjawisko „wyprzedzania" maksimum napięcia względem maksimum prądu (jak w cewce), co zapobiega wypalaniu elektrod w świecach zapłonowych. Przewody o takiej konstrukcji mają trzykrotnie mniejsze straty napięcia niż kable węglowe.

Istotnym parametrem przewodu elektrycznego jest jego przekrój. Doboru przekroju przewodu (jego średnicy) można dokonać na podstawie tablicy 11.3. W tym celu trzeba jednak znać moc urządzenia, które chcemy podłączyć. Moc urządzenia w watach należy podzielić przez napięcie, do jakiego jest przystosowana instalacja pojazdu (6, 12 lub 24 V). W ten sposób otrzymamy wartość prądu pobieranego przez odbiornik. Znając tę wartość należy odszukać w tabeli przewód, dla którego dopuszczalna wartość prądu jest równa lub większa od obliczonej. Użycie zbyt cienkiego przewodu grozi jego przegrzaniem, zwarciem, a w konsekwencji — pożarem.

Tablica 11.3

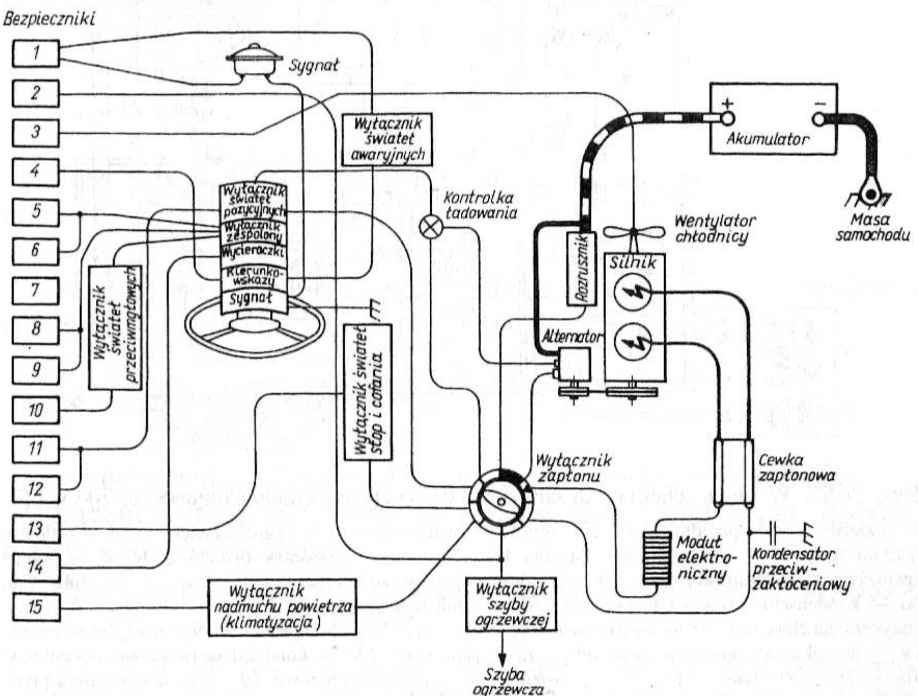
Przekrój przewodu i dopuszczalna wartość prądu

Prąd dopuszczalny	A	3	6	15	20	25	35
Pole przekroju przewodu	mm²	1	1,5	2,5	4	6	10
Średnica przewodu	mm	2,7	3,0	3,7	4,5	5,2	6,6

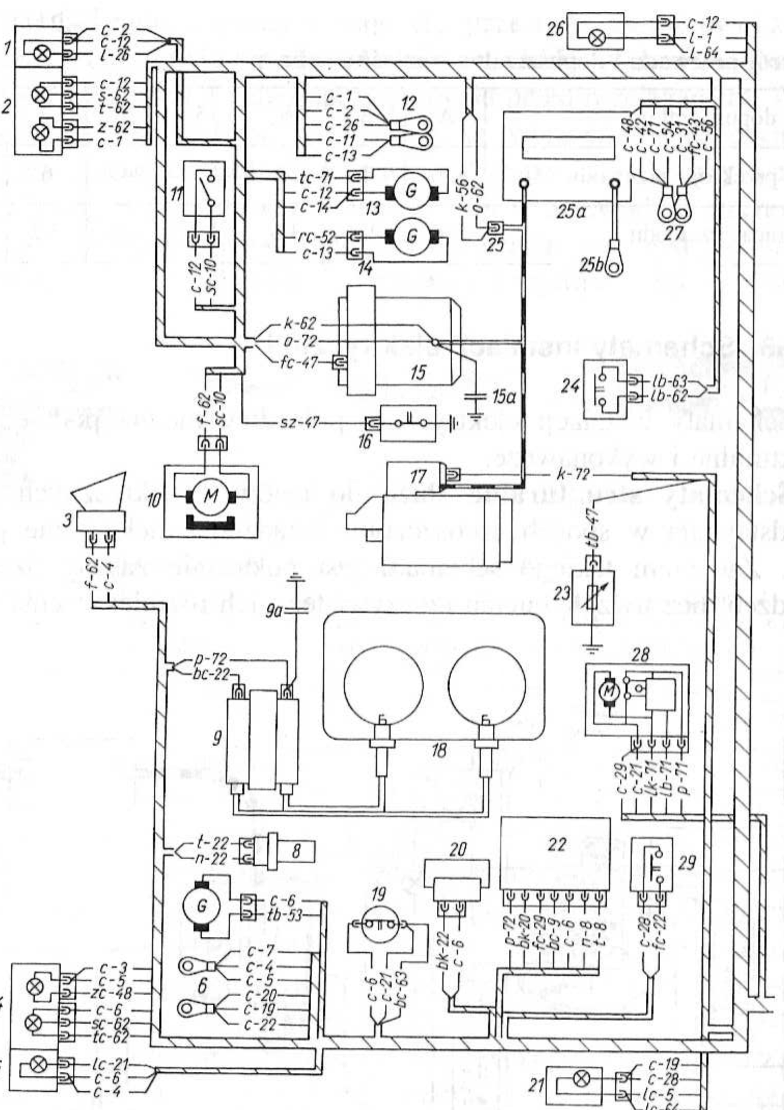
11.3.3. Schematy instalacji elektrycznej

Schematy instalacji elektrycznej pojazdów można podzielić na: strukturalne i wykonawcze.

Schematy strukturalne służą do celów dydaktycznych, gdyż przedstawiają w sposób uproszczony urządzenia elektryczne pojazdów. Zadaniem takiego schematu jest pokazanie zasady działania urządzeń, bez uwzględnienia rzeczywistego ich rozmieszczenia w sa-



Rys. 11.56. Uproszczony schemat układu elektrycznego samochodu Cinquecento



Rys. 11.57. Wycinek schematu instalacji elektrycznej samochodu Cinquecento 704 wg [7]

1 — kierunkowskaz przedni prawy, *2* — reflektor przedni prawy, *3* — sygnał dźwiękowy, *4* — reflektor przedni lewy, *5* — kierunkowskaz przedni lewy, *6* — punkt masowy przedni lewy, *7* — pompa spryskiwacza reflektorów, *8* — czujnik indukcyjny (nad kołem pasowym), *9* — cewka zapłonowa, *9a* — kondensator przeciwzakłóceniowy, *10* — silnik wentylatora chłodnicy, *11* — wyłącznik termostatyczny na chłodnicy, *12* — punkt masowy przedni prawy, *13* — pompka spryskiwacza szyby przedniej, *14* — pompka spryskiwacza szyby tylnej, *15* — alternator, *15a* — kondensator przeciwzakłóceniowy, *16* — czujnik ciśnienia oleju, *17* — rozrusznik, *18* — świece zapłonowe, *19* — czujnik poziomu płynu hamulcowego, *20* — złącze diagnostyczne, *21* — kierunkowskaz boczny lewy, *22* — moduł elektroniczny, *23* — czujnik temperatury płynu chłodzącego, *24* — wyłącznik światła cofania, *25* — złącze akumulatora, *25a* — akumulator, *25b* — masa akumulatora, *26* — kierunkowskaz boczny prawy, *27* — punkt masowy boczny prawy, *28* — silnik napędu wycieraczek z regulatorem, *29* — czujnik podciśnieniowy

mochodzie. Dwie wersje schematów instalacji elektrycznej samochodu Cinquecento przedstawiają rysunki 11.56 i 11.57. Widoczny na rysunku 11.56 rezerwowy bezpiecznik *7* bywa wykorzystywany w instalacji ogrzewania tylnej szyby.

Schematy wykonawcze (montażowe) są przeznaczone dla pracowników obsługi serwisowej i użytkowników samochodów. Powinny uwzględniać rzeczywiste rozmieszczenie urządzeń, rzeczywisty układ przewodów, z zachowaniem proporcji ich długości, określać przekroje przewodów (grubość linii na rysunku) oznaczonych numerami lub kolorami.

W Polsce stosuje się system oznaczania zacisków i przewodów według normy PN-90/E-05029.

W pojazdach przewody są najczęściej prowadzone w wiązkach. W celu ułatwienia odszukania potrzebnego przewodu powłoki izolacyjne przewodów mają różne barwy. Na schematach barwy przewodów są oznaczone za pomocą następującego kodu:

b — biały,	m — brązowy,
p — pomarańczowy,	n — czarny,
z — żółty,	r — czerwony,
h — szary,	s — różowy,
l — niebieski,	v — zielony,
	z — fioletowy.

Przewody mogą mieć również kolory mieszane, np.:

bn — biały prążkowany czarnym,
gr — żółty prążkowany czerwonym.

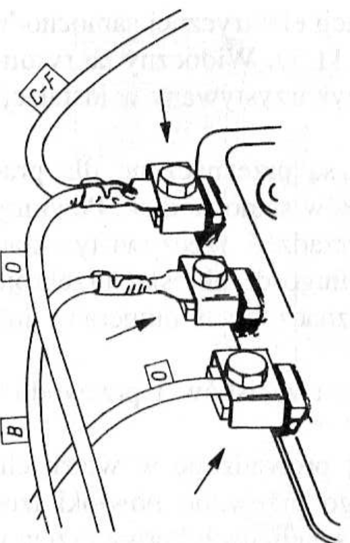
Można też spotkać inne oznaczenia (kody) przewodów, zwłaszcza na schematach elektrycznych pojazdów zagranicznych.

11.3.4. Urządzenia rozdzielcze

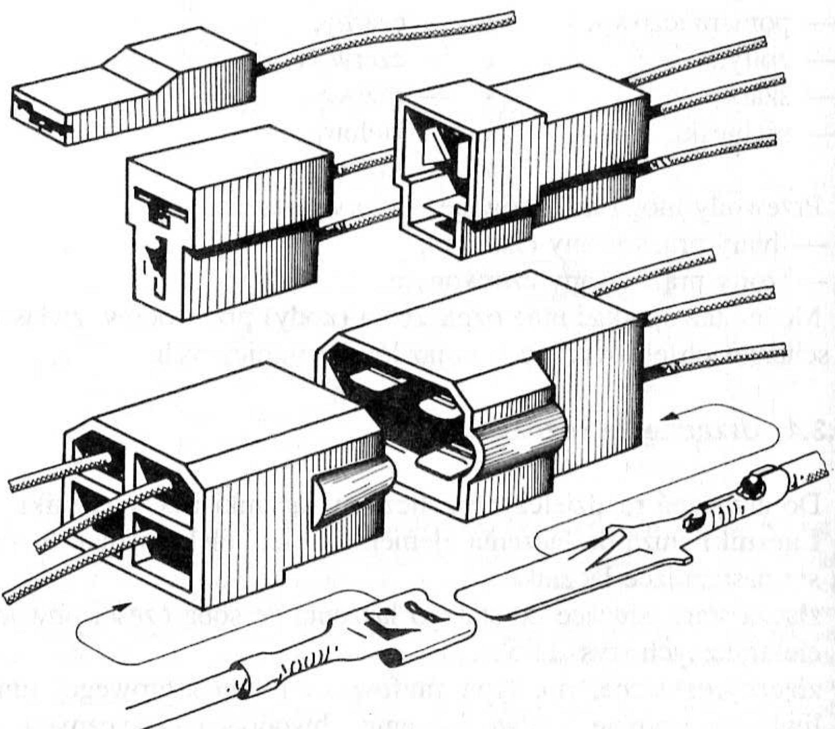
Do urządzeń rozdzielczych zaliczamy łączniki i bezpieczniki.

Łączniki służą do łączenia elementów sieci elektrycznej. Rozróżnia się następujące łączniki:

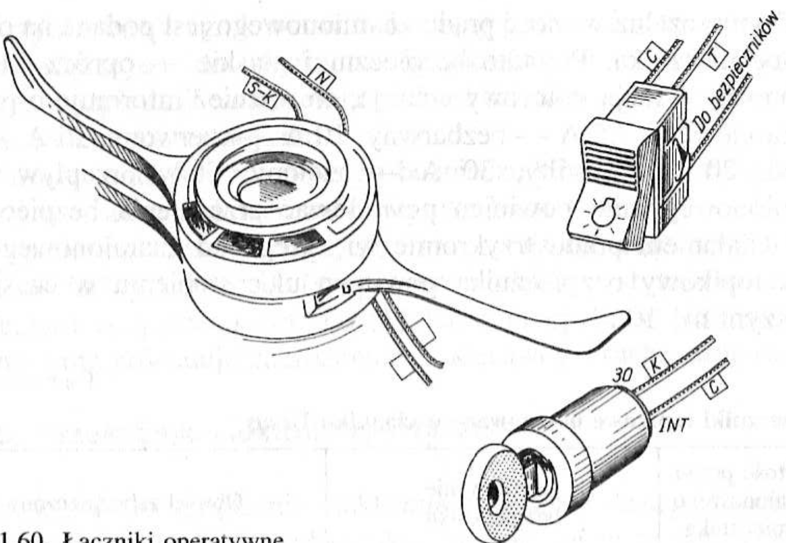
- złącza stałe, służące do stałego łączenia ze sobą części obwodów elektrycznych (rys. 11.58);
- złącza rozłączne, np. typu mufowego i konektorowego, umożliwiające szybkie i łatwe łączenie obwodów elektrycznych, bez używania narzędzi (rys. 11.59);



Rys. 11.58. Złącza stałe



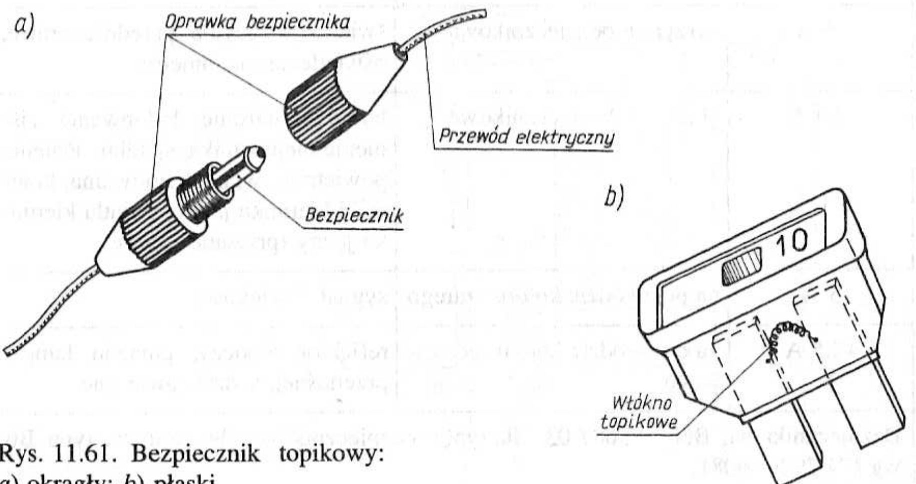
Rys. 11.59. Złącza rozłączne wg [4]



Rys. 11.60. Łączniki operatywne

— łączniki operatywne, np. włączniki, przełączniki, stacyjki, umożliwiające włączanie i odłączanie poszczególnych części obwodów elektrycznych w czasie jazdy (rys. 11.60).

Bezpiecznik (rys. 11.61) chroni obwód przed skutkami zwarć i przeciążeń. Stopienie się elementu topikowego w bezpieczniku nie jest usterką bezpiecznika, lecz efektem spełnienia jego zadania, jakim jest przerwanie obwodu, gdy prąd przekroczy dopuszczalną wartość.



Rys. 11.61. Bezpiecznik topikowy:
a) okrągły; *b*) płaski

Dopuszczalna wartość prądu znamionowego jest podana na obudowie bezpiecznika. Ponadto bezpieczniki płaskie — oprócz wartości liczbowej — mają kolorowy uchwyt, co również informuje o prądzie znamionowym: 7,5 A — bezbarwny, 10 A — czerwony, 15 A — niebieski, 20 A — żółty, 30 A — zielony. Stały przepływ prądu znamionowego nie powinien powodować przepalenia bezpiecznika. Pod działaniem prądu trzykrotnie większego od znamionowego element topikowy bezpiecznika powinien ulec stopieniu w czasie nie dłuższym niż 10 s.

Tablica 11.4

Bezpieczniki topikowe usytuowane w ciągniku Ursus

Wartość prądu znamionowego bezpiecznika	Usytuowanie bezpiecznika	Obwód zabezpieczany
10A	skrzynka bezpiecznikowa	światła mijania
10 A	skrzynka bezpiecznikowa	światła drogowe, lampka kontrolna świateł drogowych
5 A	skrzynka bezpiecznikowa	oświetlenie wskaźników: temperatury wody, poziomu paliwa oraz licznika motogodzin, światła pozycyjne tylne (lewe i prawe), oświetlenie tablicy rejestracyjnej, światła pozycyjne przednie (lewe i prawe)
5 A	skrzynka bezpiecznikowa	świetło pozycyjne przednie prawe, oświetlenie manometru
10 A	skrzynka bezpiecznikowa	lampki kontrolne: ładopwania, ciśnienia oleju silnika, spadku ciśnienia powietrza, światła hamowania, kontrolki kierunku jazdy, światła kierunku jazdy (przednie i tylne)
5 A	na przewodzie koloru szarego	sygnał dźwiękowy
12,5 A	na przewodzie koloru niebieskiego	reflektor roboczy, gniazdo lampki przenośnej, światła awaryjne
Bezpieczniki wg BN-90/3687-03. Skrzynka bezpieczników 6-biegunowa, typu B6 wg PN-79/S-76081.		

Skrzynka bezpiecznikowa o izolowanej podstawie stanowi zestaw gniazd, służących do osadzania bezpieczników i przekaźników. Skrzynka bezpiecznikowa spełnia również funkcję tablicy rozdzielczej instalacji elektrycznej pojazdu.

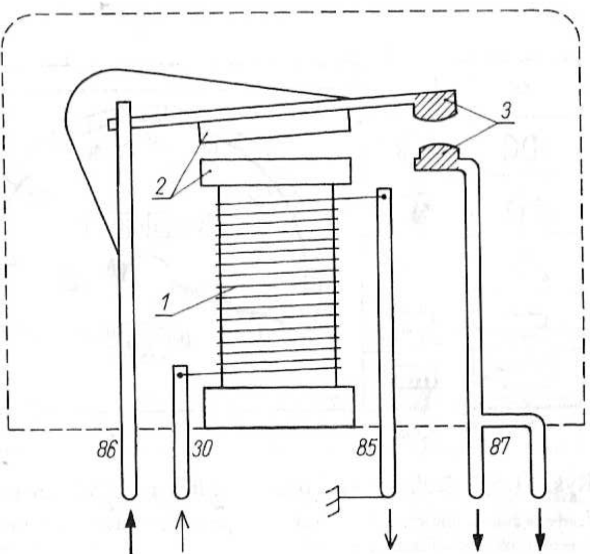
Wartości prądu znamionowego bezpieczników zabezpieczających obwody w instalacji elektrycznej ciągnika Ursus podano w tabl. 11.4.

W praktyce często stosuje się tzw. zabezpieczenie selektywne. Wówczas każdy odbiornik (grupa odbiorników) jest zabezpieczony oddzielnym bezpiecznikiem. Dzięki temu przepalenie jednego bezpiecznika nie powoduje zagrożenia dla kierowcy i ruchu drogowego.

11.3.5. Przekaźniki elektromagnetyczne

Przekaźnik to urządzenie elektromagnetyczne, służące do zmniejszania prądu na stykach wyłącznika. Stosuje się je w celu ochrony wyłączników przed zniszczeniem (iskrzeniem, topieniem styków). Instaluje się je w obwodach elektrycznych o dużym poborze prądu (np. silniki elektryczne, światła, ogrzewanie szyb).

Zasada działania przekaźnika sprowadza się do przyciągnięcia przez cewkę elektromagnesu *1* zwory *2*, co powoduje zwarcie styków *3*, czyli zamknięcie obwodu i włączenie odbiorników (rys. 11.62). Wyłączenie przekaźnika urządzeniem sterującym (wyłącznikiem) powoduje



Rys. 11.62. Schemat działania przekaźnika

puszczenie zwory *2* przez cewkę *1* elektromagnesu i rozwarcie styków *3* — prąd przestaje płynąć do odbiorników. Przez obwód sterujący przekaźnika — włącznik (*86*), uzwojenie cewki i masę (*85*) płynie prąd o małej wartości. Natomiast przez styki przekaźnika, zaciski odbiorników (*87*) i zasilanie (*30*) może bezpiecznie płynąć duży prąd.

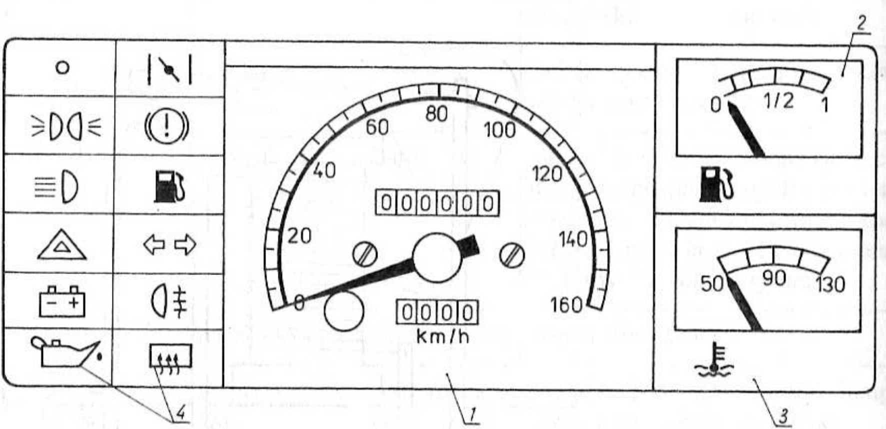
11.3.6. Wskaźniki tablicy rozdzielczej

Każdy pojazd samochodowy ma tablicę rozdzielczą z zestawem wskaźników informujących kierowcę o parametrach techniczno-ruchowych pojazdu.

Rozróżnia się aktywne i pasywne systemy informacji.

W **systemach aktywnych** o czasie i formie przekazania kierowcy informacji decyduje czujnik, przekaźnik lub procesor. W **systemach pasywnych** przekazem informacji steruje np. minikomputer i kierowca na żądanie może uzyskać informację o: średniej prędkości, chwilowym lub pośrednim zużyciu paliwa itp.

Niektóre ze wskaźników umieszczonych na tablicy rozdzielczej współdziałają z dźwigniami sterowania pojazdem (np. lampka kontroli kierunkowskazów z dźwignią przełącznika kierunkowskazów). Dzięki temu kierowca otrzymuje potwierdzenie w przypadku właściwego użycia dźwigni oraz ostrzeżenie, gdy popełni błąd.

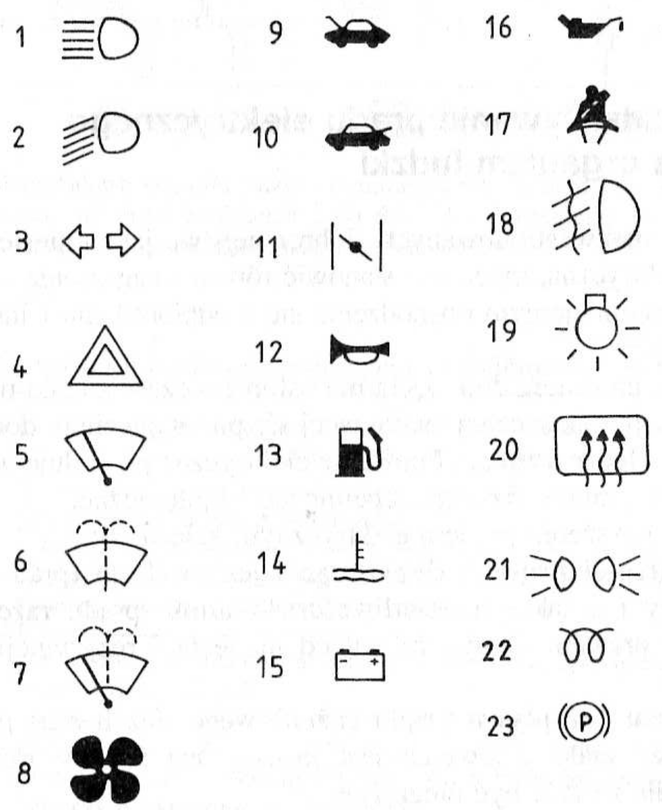


Rys. 11.63. Zestaw wskaźników tablicy rozdzielczej samochodu Cinquecento wg [7]

1 — prędkościomierz, *2* — wskaźnik poziomu paliwa, *3* — wskaźnik temperatury (w °C) cieczy, *4* — lampki sygnalizacyjne

Przykład rozmieszczenia urządzeń sterowania i kontroli w samochodzie Cinquecento przedstawia rys. 11.63. Rozmieszczenie dźwigni sterowniczych i rodzaje wskaźników na tablicy rozdzielczej zależą od rodzaju i przeznaczenia pojazdu.

Oznakowanie lampek sygnalizacyjnych za pomocą piktogramów nie jest jeszcze określone umowami międzynarodowymi, jednak podstawowe symbole stosowane w różnych krajach są podobne (rys. 11.64).



Rys. 11.64. Symbole (piktogramy) stosowane na tablicach wskaźników w pojazdach samochodowych wg [7]

1 — światła drogowe, *2* — światła mijania, *3* — kierunkowskazy, *4* — światła ostrzegawcze (awaryjne), *5* — wycieraczka szyby, *6* — spryskiwacz, *7* — wycieraczka i spryskiwacz, *8* — dmuchawa wentylacji, *9* — otwieranie pokrywy komory silnikowej, *10* — otwieranie bagażnika, *11* — urządzenie rozruchowe (ssanie), *12* — sygnał dźwiękowy, *13* — wskaźnik poziomu paliwa, *14* — wskaźnik temperatury silnika, *15* — wskaźnik ładowania akumulatora, *16* — wskaźnik ciśnienia oleju, *17* — pasy bezpieczeństwa, *18* — światła przeciwmgłowe, *19* — oświetlenie wewnętrzne pojazdu, *20* — ogrzewanie tylnej szyby, *21* — światła pozycyjne, *22* — nagrzewanie się świec żarowych, *23* — hamulec awaryjny (postojowy)

12. Bezpieczeństwo i higiena pracy przy urządzeniach elektrycznych

12.1. Oddziaływanie prądu elektrycznego na organizm ludzki

Mimo niekwestionowanych dobrodziejstw, jakie niesie ze sobą energia elektryczna, może ona stanowić również zagrożenie — zwłaszcza przy nieumiejętnym obchodzeniu się z odbiornikami i instalacjami elektrycznymi.

Często, na skutek dotknięcia nie osłoniętą częścią ciała urządzenia czy instalacji elektrycznej znajdującej się pod napięciem, dochodzi do **porażenia elektrycznego**. Porażenie elektryczne powoduje w organizmie żywym zmiany fizyczne, chemiczne i biologiczne.

Skutki porażenia prądem elektrycznym zależą od:

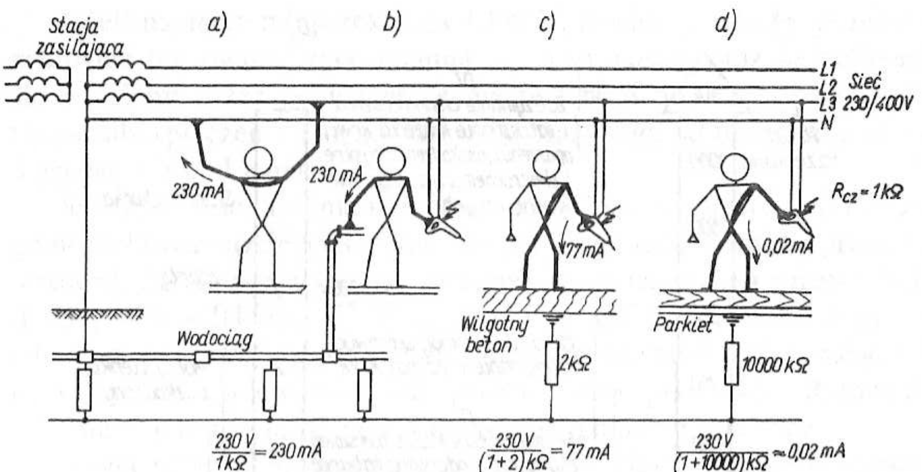
1. Wartości prądu rażeniowego i jego rodzaju (prąd stały czy przemienny i o jakiej częstotliwości). Wartość prądu rażeniowego, zgodnie z prawem Ohma, zależy od napięcia i rezystancji obwodu (rys. 12.1).

2. Czasu przepływu prądu rażeniowego. Jeżeli czas przepływu prądu przez ciało człowieka jest krótszy niż 5 s, to rażenie jest krótkotrwałe i może być niegroźne.

Rażenia trwające ponad 5 s — w zależności od wartości prądu — mogą spowodować reakcje organizmu ludzkiego jak w tabl. 12.1.

3. Drogi przepływu prądu przez ciało. Najbardziej niebezpieczny jest przepływ prądu przez serce i ośrodki nerwowe człowieka, na drodze ręka–ręka lub ręka–stopy.

Skutki rażenia prądem w zależności od wartości prądu i rezystancji ciała ludzkiego przedstawia rys. 12.2.

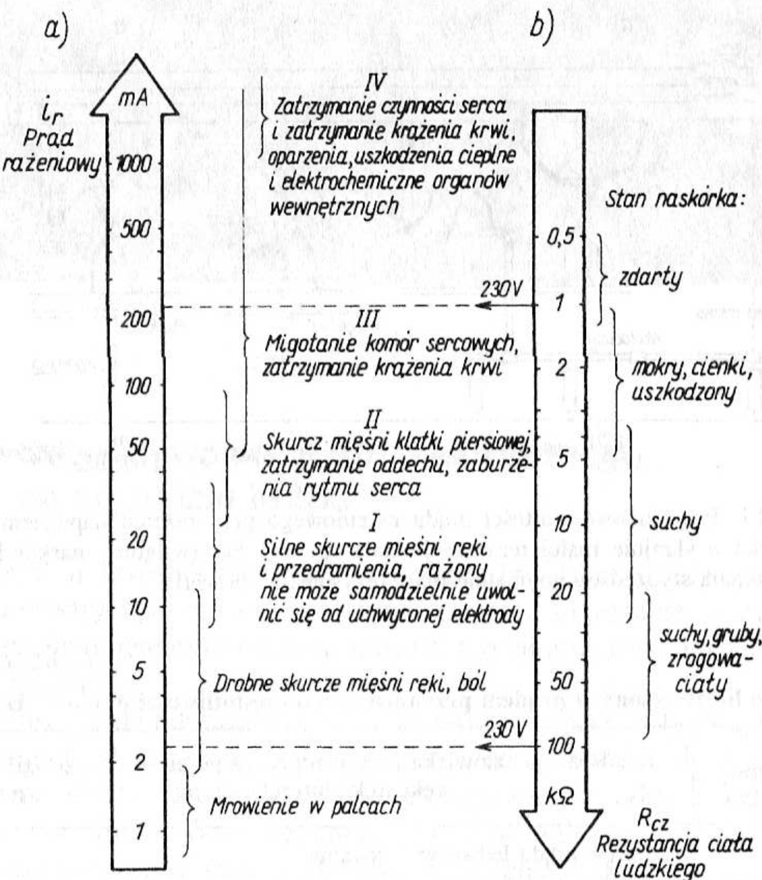


Rys. 12.1. Przykładowe wartości prądu rażeniowego przy rażeniu napięciem 230 V człowieka o skrajnie małej rezystancji ciała R_{cz} = 1 kΩ (wilgotny naskórek, duża powierzchnia styczności, pomijalnie mała rezystancja obuwia)

Tablica 12.1

Reakcje ludzi rażonych prądem przemiennym o częstotliwości około 50 Hz

Prąd rażeniowy mA	Reakcja człowieka przy przepływie prądu wzdłuż drogi: ręka–ręka lub ręka–stopy
1	Przepływ prądu ledwo wyczuwalny.
2 ÷ 5	Lekki ból, zwiększający się w miarę większych wartości prądu; mrowienie przechodzące stopniowo w drętwienie ręki.
5 ÷ 10	Dość silny ból, skurcze ramion, sztywnienie rąk; rękę można odjąć od uchwyconej elektrody.
10 ÷ 30	Silny ból, skurcze w barkach, trudności w oddychaniu; wypuszczenie z ręki trzymanej elektrody jest niemożliwe. **Niebezpieczeństwo śmierci przy braku pomocy z zewnątrz.**
30 ÷ 75	Bardzo silny ból, niemiarowość akcji serca przechodząca w jej zahamowanie, utrata przytomności. **Zgon przy braku natychmiastowej pomocy i akcji ratowniczej.**
>75	Migotanie komór serca, utrata przytomności, oparzenie naskórka i mięśni tym silniejsze, im większa jest wartość prądu. **Zgon najczęściej już po upływie jednej sekundy.**



Rys. 12.2. Skutki rażenia prądem przemiennym 50 Hz na drodze ręka–ręka lub ręka–stopy zależnie od wartości prądu rażeniowego i_r (a) płynącego przy napięciu 230 V przez ciało człowieka o podanej rezystancji R_{cz} (b)

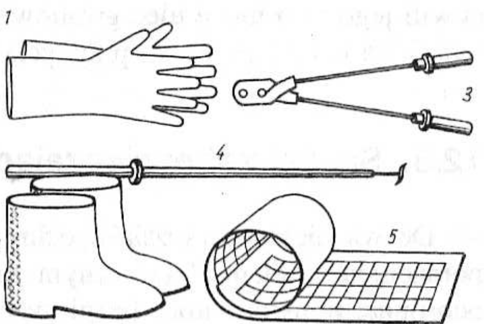
12.2. Pierwsza pomoc w wypadku porażenia prądem elektrycznym

Aby ratować porażonego, należy **natychmiast wyłączyć prąd**, jeżeli wyłącznik jest w zasięgu ręki. W sytuacji gdy wyłącznik jest daleko lub nie wiemy, gdzie się znajduje, ratujemy bezpośrednio porażonego.

Jeżeli napięcie nie przekracza 1000 V, to należy włożyć **gumowe rękawice** lub owinąć rękę tkaniną, np. marynarką, oraz **odizolować się od ziemi** przez podłożenie sobie pod nogi np. suchej deski. Po takim zabezpieczeniu można oderwać porażonego od urządzenia znajdującego się pod napięciem.

Jeżeli porażony trzyma kurczowo rękami jeden przewód, to należy **go odizolować** przez podłożenie mu pod nogi suchej deski i przeciąć przewód. Jeżeli porażony ma zaciśnięte ręce na dwóch przewodach (prąd płynie od jednej do drugiej ręki — zagrożone jest serce), to odizolowanie porażonego od ziemi nie pomoże, trzeba więc odłączyć jego ręce od przewodów lub przeciąć oba przewody. Ratownik wykonujący tę czynność powinien włożyć gumowe rękawice.

Sprzęt ratowniczy przedstawia rys. 12.3. Najpewniejszym sposobem ratowania jest przecięcie przewodów za pomocą **cęgów z izolowaną rękojeścią**. Każdy przewód należy przeciąć oddzielnie. **Odciąganie porażonego** powinno się odbywać z pewnej odległości i przy zachowaniu wszelkich możliwych środków ostrożności (rys. 12.4).

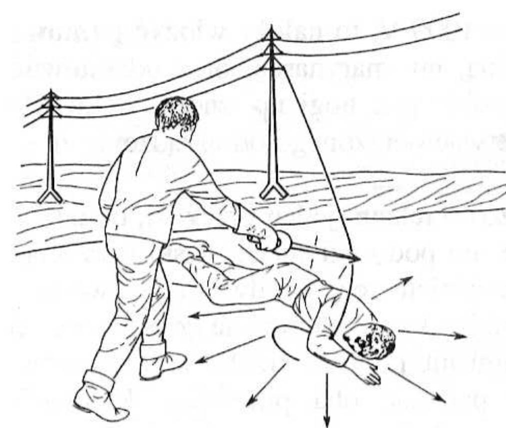


Rys. 12.3. Sprzęt ratowniczy wg [2]
1 — rękawice gumowe, *2* — buty gumowe, *3* — cęgi (nożyce), *4* — drążek izolujący, *5* — dywanik izolujący do podkładania pod nogi

Jeżeli napięcie w sieci wynosi ponad 1000 V, to należy włożyć **gumowe buty i rękawice**, a następnie odsunąć porażonego od urządzenia znajdującego się pod napięciem za pomocą **drążka** lub **cęgów izolacyjnych**. Należy pamiętać, że w promieniu 10 m dookoła zerwanego przewodu stykającego się z ziemią powstaje napięcie elektryczne (krokowe), które może porazić również ratującego.

Osoby porażone znajdujące się na wysokości należy zabezpieczyć przed upadkiem, który może nastąpić po przerwaniu dopływu prądu.

Pierwsza pomoc medyczna osobom porażonym prądem to przede wszystkim natychmiastowa interwencja na miejscu wypadku. Dotyczy



Rys. 12.4. Sposób odciągania porażonego lub przecinania przewodu wysokiego napięcia wg [2]

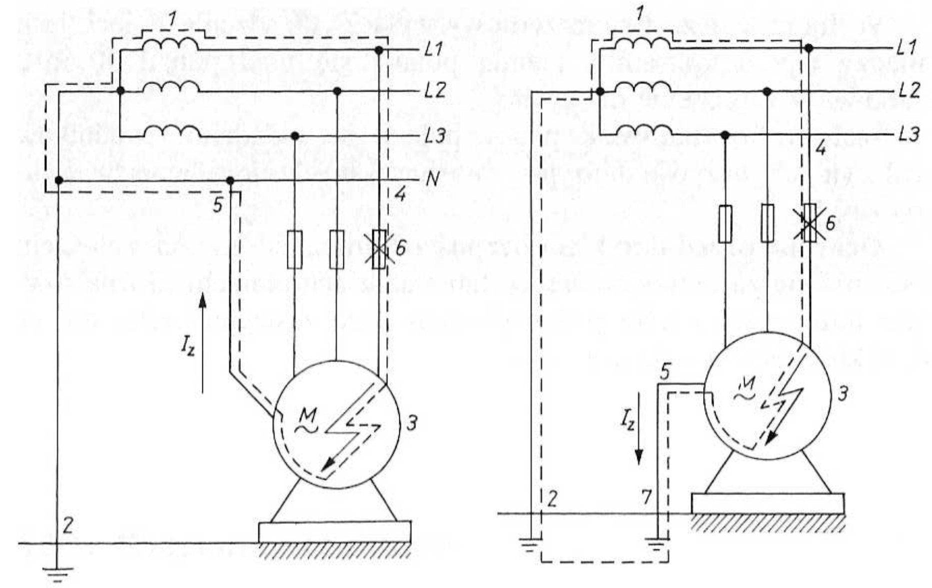
to zwłaszcza ofiar będących w stanie śmierci pozornej. U takich osób należy stosować sztuczne oddychanie metodą „usta–usta" lub „usta–nos" oraz zewnętrzny masaż serca. Osobie przytomnej należy zapewnić spokój oraz przykryć ją, np. kocem, aby organizm nie został wyziębiony. Porażony wymaga stałej obserwacji, gdyż w każdej chwili jego stan może ulec gwałtownemu pogorszeniu. Takie warunki należy zapewnić do czasu przybycia lekarza.

12.3. Środki zabezpieczające przed porażeniem

Do ważniejszych środków ochronnych i zabezpieczających przed porażeniem prądem elektrycznym zaliczamy: zerowanie i uziemienie ochronne, transformatory bezpieczeństwa, wyłączniki przeciwporażeniowe oraz izolowanie stanowisk.

Zerowanie ochronne polega na połączeniu dostępnych przedmiotów metalowych, w których może nastąpić przebicie z urządzeń elektrycznych (np. korpusów silników elektrycznych), z uziemionym przewodem neutralnym (zerowym) sieci przystosowanej do zerowania (rys. 12.5).

W poprawnie działającej instalacji zerowania ochronnego wartość prądu zwarciowego I_z jest rzędu setek amperów i prąd ten powoduje włączenie zabezpieczeń nadmiarowoprądowych w postaci bezpieczników lub wyłączników samoczynnych, które odłączają urządzenie od źródła napięcia.



Rys. 12.5. Zasada działania instalacji zerowania ochronnego wg [20]

1 — uzwojenie niskiego napięcia transformatora, 2 — uziemienie robocze punktu zerowego transformatora, 3 — zerowany silnik elektryczny, 4 — przewód zerowy, 5 — przewód zerujący, 6 — bezpiecznik

Rys. 12.6. Zasada działania instalacji uziemienia ochronnego wg [20]

1 — uzwojenie niskiego napięcia transformatora, 2 — uziemienie robocze punktu zerowego transformatora, 3 — zerowany silnik elektryczny, 4 — przewód zerowy, 5 — przewód zerujący, 6 — bezpiecznik, 7 — uziemienie ochronne

Uziemienie ochronne polega na połączeniu dostępnych przedmiotów metalowych z uziemieniem wykonanym z co najmniej dwóch elektrod. Najczęściej są to stalowe rury długości 2 ÷ 3 m, umieszczone pionowo w ziemi i połączone ze sobą stalową taśmą (rys. 12.6). Należy dążyć do tego, aby rezystancje tych uziemień miały jak najmniejszą wartość; wtedy prąd zwarciowy może spowodować zadziałanie zabezpieczeń i odłączenie urządzenia od źródła napięcia. Ze względu na dużą wartość rezystancji obwodu prąd zwarciowy będzie znacznie mniejszy niż w przypadku zerowania ochronnego. Uziemienie ochronne jest stosowane w sieciach wysokiego i niskiego napięcia.

Transformator bezpieczeństwa obniża napięcie w urządzeniach do 24 V, a w szczególnych przypadkach do 12 V lub 6 V. Stosuje się go przy zasilaniu: ręcznych lamp, zabawek elektrycznych dla dzieci, urządzeń medycznych oraz obwodów urządzeń elektronicznych.

Wyłącznik przeciwporażeniowy wyłącza urządzenie z sieci, jeśli między jego korpusem a ziemią pojawi się prąd ponad 30 mA, stanowiący zagrożenie dla życia.

Izolowanie stanowisk pracy polega na układaniu chodników izolacyjnych bezpośrednio przy obsługiwanych urządzeniach elektrycznych.

Ochronę przed dotykiem bezpośrednim urządzeń pod napięciem realizuje się za pomocą poręczy lub siatek ochronnych. Można również umieszczać części pod napięciem poza zasięgiem ręki, np. na wysokości przekraczającej 2,5 m.

13. Elementy automatyki

13.1. Wiadomości ogólne

W rozwoju techniki można wyróżnić dwa podstawowe etapy: mechanizację i automatyzację.

Mechanizacja to zastępowanie fizycznej pracy człowieka lub zwierzęcia pracą maszyn i mechanizmów. Zastosowanie mechanizacji w dużym stopniu uwolniło człowieka od pracy fizycznej.

Automatyzacja polega na przejmowaniu czynności wytwarzania, kontroli i sterowania całkowicie przez maszyny. Człowiekowi pozostaje funkcja nadzoru zautomatyzowanych procesów.

Automatyzacja uwolniła człowieka od bezpośredniego udziału w procesach produkcyjnych, zastępując go w czynnościach wymagających wysiłku fizycznego i psychicznego.

Rozwój automatyzacji jest dyktowany głównie czynnikami ekonomicznymi. Najważniejsze korzyści wynikające z automatyzacji to:

— zwiększenie wydajności produkcji,
— podniesienie jakości produkcji,
— zmniejszenie zużycia surowców i energii,
— zwiększenie pewności działania i wydłużenie okresów międzynaprawczych urządzeń produkcyjnych,
— polepszenie bezpieczeństwa i higieny pracy.

Najnowszą odmianą automatyzacji jest **robotyzacja**, polegająca na zastosowaniu w produkcji maszyn programowanych, nazywanych robotami przemysłowymi. Robotyzuje się zwłaszcza prace szczególnie

uciążliwe, monotonne i szkodliwe dla zdrowia człowieka, np. spawanie, zgrzewanie, malowanie, obsługę pras, cykliczny montaż.

Automatyka to dział nauki i techniki zajmujący się podstawami teoretycznymi i praktycznym zastosowaniem urządzeń sterujących procesami (głównie technologicznymi) bez udziału człowieka.

Spotykane w praktyce układy automatyki można podzielić na następujące grupy:

— Sterowanie automatyczne — bezpośrednio oddziałujące na urządzenie, w którym odbywa się proces.

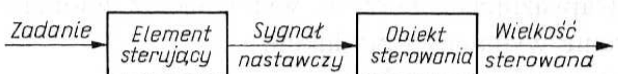
— Kontrolę automatyczną — samoczynny nadzór nad przebiegiem procesu technologicznego (wskazywanie, rejestracja, sygnalizacja, zliczanie).

— Zabezpieczenia automatyczne — układy pośrednie między sterowaniem a kontrolą. Układy takie również kontrolują proces technologiczny, włączając się w przypadku znacznych zakłóceń.

13.2. Układy sterowania automatycznego

Rozróżnia się układy sterowania otwartego, układy regulacji automatycznej oraz układy adaptacji automatycznej.

Układy sterowania otwartego charakteryzują się jednostronnym oddziaływaniem (rys. 13.1). Element sterujący wytwarza sygnał nastawczy, który oddziałuje na obiekt sterowania. Nie ma tu sprzężenia zwrotnego, ponieważ wielkość sterowania (regulowana) z reguły nie jest mierzona. Nie można więc wyeliminować niepożądanych zmian wielkości sterowanej spowodowanych zakłóceniami zewnętrznymi.

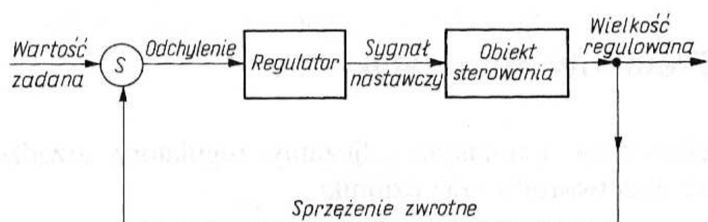


Rys. 13.1. Schemat układu sterowania otwartego

Układy sterowania otwartego znalazły zastosowanie do sterowania ruchem pociągów, sterowania procesami technologicznymi itp.

Układy regulacji automatycznej stosuje się w sytuacjach, gdy zakłócenia zewnętrzne silnie oddziałują na sterowany proces. Występuje tu samoczynne utrzymywanie wielkości regulowanej (zgodnie z wartością zadaną) dzięki zastosowaniu sprzężenia zwrotnego.

Układ regulacji automatycznej (rys. 13.2) jest układem zamkniętym. Występuje w nim węzeł sumujący, w którym wartość wielkości zadanej jest porównywana z wartością wielkości regulowanej. Dzięki sprzężeniu zwrotnemu regulator zmienia sygnał nastawczy w celu zmniejszenia odchylenia wartości wielkości regulowanej od wartości zadanej.



Rys. 13.2. Schemat układu regulacji automatycznej ze sprzężeniem zwrotnym
S — węzeł sumujący

W układach regulacji ręcznej funkcję węzła sumującego (sprzężenia zwrotnego) spełnia człowiek, który porównuje wartość wielkości regulowanej z wartością zadaną i odpowiednio zmienia sygnał nastawczy w celu zmniejszenia odchylenia.

Ze względu na sposób „podawania" wartości zadanej rozróżnia się następujące układy automatycznej regulacji:

— Stałowartościowy (stabilizacyjny), gdy wartość zadana jest stała w czasie, np. utrzymywanie stałej temperatury w pomieszczeniu, niezależnie od temperatury zewnętrznej.

— Ekstremalny, gdy wartość zadana utrzymuje się między z góry określonymi wartościami — maksymalną i minimalną. Układ stosowany np. przy wytopie surówki w wielkich piecach.

— Programowy, gdy wartość zadana zmienia się w czasie wg z góry określonego programu. Układ stosowany w obrabiarkach sterowanych numerycznie, automatach tokarskich, robotach przemysłowych itp.

— Nadążmy (śledzący), gdy wartość zadana zmienia się w czasie w sposób nieznany wcześniej, w zależności od tzw. wielkości kierującej. Przykładem może być rakieta samonaprowadzająca się

na cel, który zmienia swe położenie. Urządzenie pracujące w układzie nadążnym nazywamy serwomechanizmem, np. podciśnieniowe urządzenie wspomagające hamulce w pojazdach.

Układy adaptacji automatycznej (dostosowujące się) stanowią najwyższą formę układów sterowania automatycznego. Zagadnienie dostosowywania się układu sterującego do przypadkowo zmieniających się warunków stanowi jedno z najistotniejszych zagadnień cybernetyki technicznej.

13.3. Elementy automatyki

Do elementów automatyki zaliczamy: regulatory, urządzenia wykonawcze, przetworniki oraz czujniki.

Regulatory. Ze względu na sposób pobierania energii niezbędnej w procesie regulacji rozróżnia się:
— Regulatory bezpośredniego działania, tzn. pobierające energię bezpośrednio z regulowanego obiektu. Przykładem może być regulator poziomu wody w zbiorniku spłuczki WC.
— Regulatory pośredniego działania, pobierające dodatkową energię z obcego źródła. W zależności od rodzaju nośnika energii dodatkowej regulatory te dzielimy na: pneumatyczne, hydrauliczne, elektryczne i mieszane.

Urządzenia wykonawcze to siłowniki przetwarzające, np. energię sprężonego powietrza (siłowniki pneumatyczne) czy energię cieczy (siłowniki hydrauliczne) na energię mechaniczną.

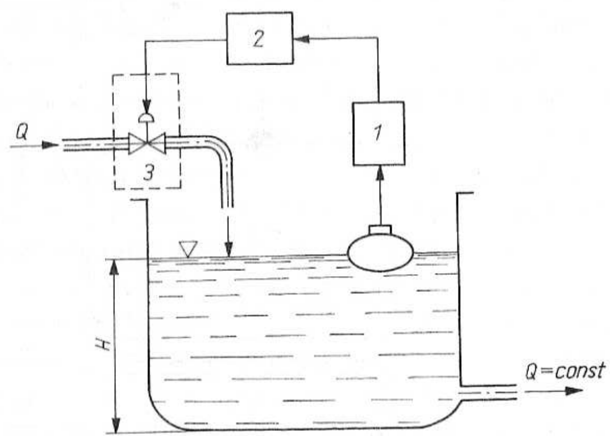
Przetworniki służą do przetwarzania sygnałów powstających w czujnikach na sygnały innego rodzaju, mogące sterować regulatorami. Najczęściej stosuje się przetworniki zamieniające sygnał elektryczny na pneumatyczny lub odwrotnie, albo przetwarzające sygnały w postaci siły lub przesunięcia na sygnały pneumatyczne.

Czujniki to przyrządy do wyznaczania lub wykrywania określonych wielkości fizycznych i ich przetwarzania na takie wielkości, jak: napięcie, przesunięcie liniowe lub kątowe, prędkość obrotowa itp. Czujniki służą do określania m.in.: temperatury, ciśnienia, poziomu cieczy, promieniowania, stężenia gazów.

13.4. Automatyzacja kontroli i regulacji — przykłady

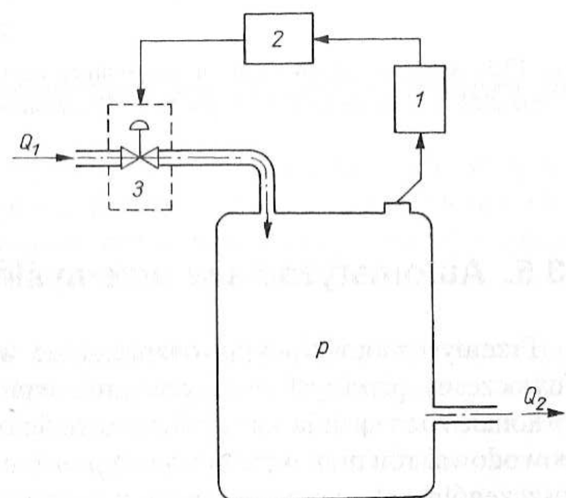
Układ regulacji poziomu cieczy w zbiorniku przedstawia rys. 13.3. Element wykonawczy za pośrednictwem regulatora steruje ilością cieczy wpływającej do zbiornika. Dzięki takiemu układowi możliwe jest utrzymywanie stałego strumienia objętości cieczy wypływającej (Q = const) przy określonej przez czujnik stałej wysokości poziomu cieczy (H) w zbiorniku.

Układ regulacji ciśnienia. Rysunek 13.4 przedstawia schemat regulacji stałego (zaplanowanego) ciśnienia gazu (p) w zbiorniku



Rys. 13.3. Schemat układu regulacji poziomu cieczy wg [24]

1 — urządzenie pomiarowe (czujnik i przetwornik), *2* — regulator, *3* — element wykonawczy

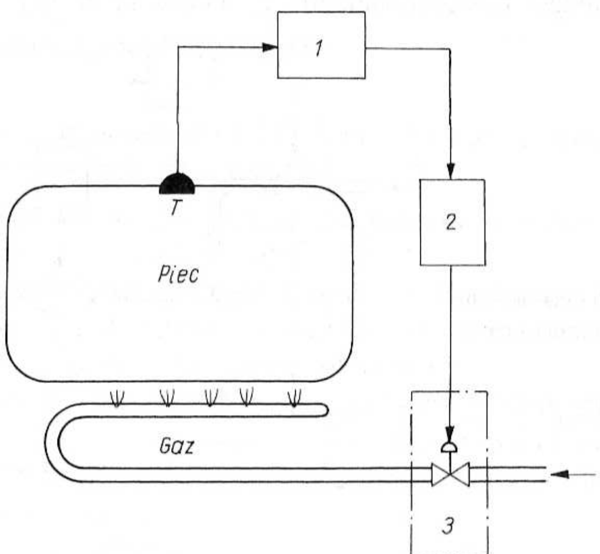


Rys. 13.4. Schemat układu regulacji ciśnienia wg [24]

1 — urządzenie pomiarowe (czujnik i przetwornik), *2* — regulator, *3* — element wykonawczy

i przewodach. Element wykonawczy reguluje ciśnienie gazu dopływającego do zbiornika. Układ osiąga stan równowagi, gdy $Q_1 = Q_2$. Wówczas ciśnienie w zbiorniku będzie stałe.

Układ regulacji temperatury. Rysunek 13.5 przedstawia schemat regulacji zaplanowanej temperatury w piecu ogrzewanym gazem. Regulacja temperatury pieca odbywa się na zasadzie regulacji ciśnienia dopływającego gazu. Jest to możliwe, ponieważ temperatura w piecu zależy od ilości gazu spalanego w jednostce czasu.



Rys. 13.5. Schemat układu regulacji temperatury wg [24]
1 — urządzenie pomiarowe (czujnik i przetwornik), *2* — regulator, *3* — element wykonawczy

13.5. Automatyzacja w przemyśle motoryzacyjnym

Przemysł motoryzacyjny odznacza się wielką dynamiką rozwoju. Nowoczesny przemysł motoryzacyjny, wprowadzając coraz bardziej doskonałe rozwiązania konstrukcyjne, technologię i organizację pracy, spowodował również ogromny postęp w innych gałęziach przemysłu. Poszczególne elementy i osprzęt pomocniczy pojazdów przechodzą

nieustanną ewolucję i są wciąż udoskonalane. Główne tendencje w tej dziedzinie to:

— polepszenie warunków pracy kierowcy — automatyzacja działania mechanizmów napędowych, urządzenia wspomagające;
— zwiększenie bezpieczeństwa jazdy — trwałość i niezawodność działania układów kierowniczych, elementów zawieszenia, ogumienia i kół;
— zmniejszenie masy pojazdu, zwiększenie jego ładowności, zwiększenie przyspieszeń oraz prędkości przy mniejszym zużyciu paliwa.

Nie wszystkie części składowe pojazdu są wykonywane nawet w wielkich zakładach, jak np. FIAT, DAEWOO czy Ursus. Zakłady te nie są w stanie wykonać wszystkich elementów samochodu czy ciągnika od początku do końca we własnym zakresie. Muszą korzystać z usług zakładów kooperujących, takich jak: huty metali, huty szkła, zakłady elektroniczne, elektrotechniczne, tekstylne, chemiczne, mechaniczne itp. Zakłady produkujące pojazdy to wielkie montownie zespołów i części dostarczanych z zewnątrz przez kooperantów.

Czynności montażowe (skręcanie, zgrzewanie, spawanie) są wykonywane w liniach montażowych, gdzie coraz częściej zamiast ludzi pracują roboty przemysłowe. Proces montażu, malowania i kontroli jest sterowany przez komputer. Komputer steruje również dostarczaniem w odpowiednim czasie części na stanowiska montażowe oraz gromadzi dane o stanie zapasów magazynowych.

13.6. Tendencje rozwojowe współczesnej motoryzacji

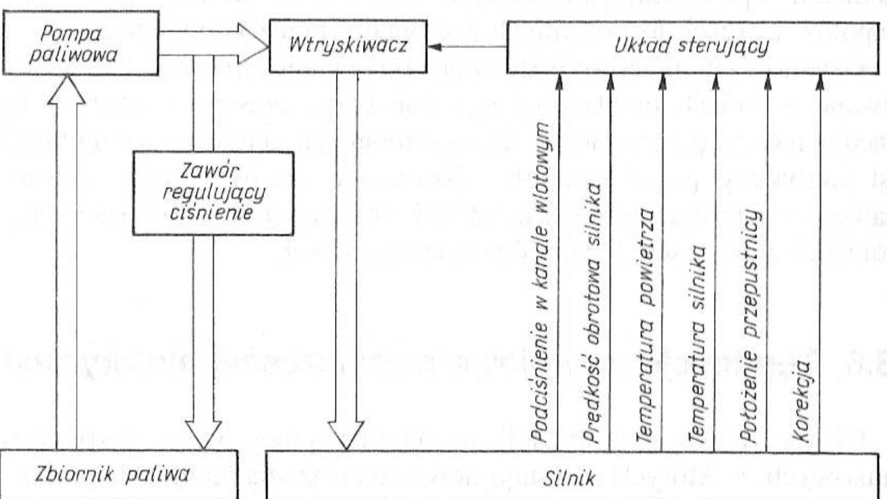
Ciągły rozwój motoryzacji to rezultat pracy wielu instytutów naukowych, w których powstają nowe rozwiązania techniczne. Obecnie wśród nowych rozwiązań w technice motoryzacyjnej większość stanowią urządzenia elektroniczne.

Elektroniczny układ wtrysku paliwa. Zasilanie wtryskowe, powszechnie stosowne w silnikach z zapłonem samoczynnym, ostatnio stosuje się również do silników z zapłonem iskrowym. Stało się to możliwe dzięki zastosowaniu elektronicznego układu sterowania wtryskiem paliwa.

Zalety elektronicznego układu sterowania wtryskiem paliwa to: szybkość działania, precyzja regulacji, łatwość dopasowania do różnych stanów pracy silnika, jednakowe napełnianie cylindrów, łatwość zmiany obranego programu dawkowania paliwa, możliwość uwzględniania dużej liczby wielkości sterujących, zmniejszenie zużycia paliwa, zmniejszenie toksyczności spalin.

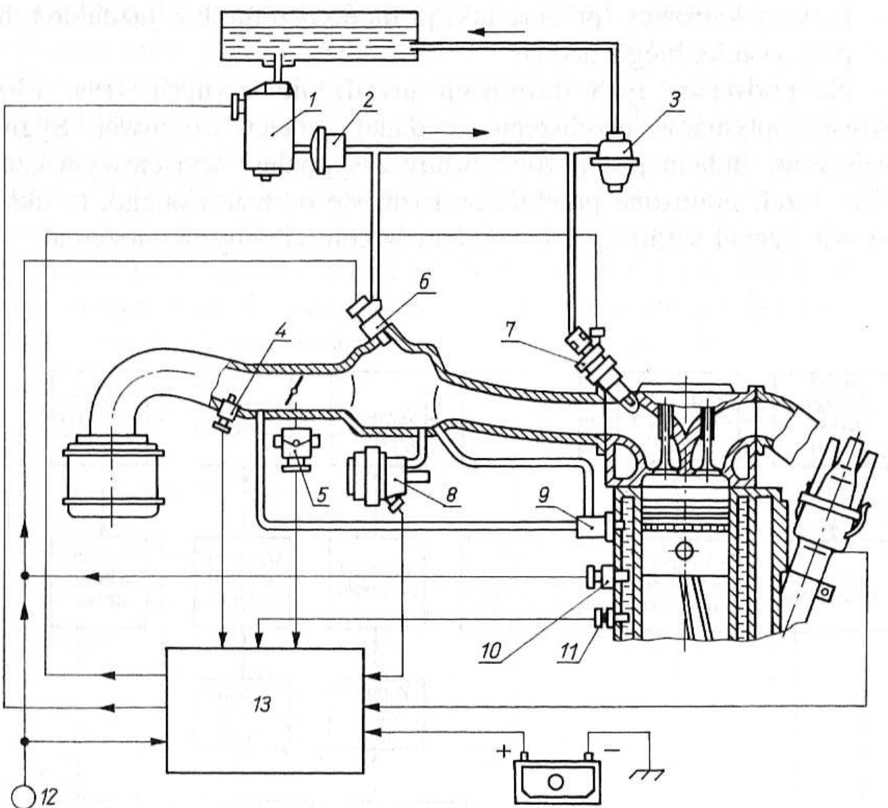
W elektronicznych układach wtryskowych ciśnienie paliwa zasilającego wtryskiwacze jest utrzymywane na stałym poziomie (200 kPa). Dlatego podawana dawka paliwa zależy jedynie od czasu otwarcia zaworu (rozpylacza) wtryskiwacza. Początek impulsu sterującego wtryskwiaczem jest uzależniony od prędkości obrotowej silnika, kąta otwarcia przepustnicy, podciśnienia w przewodzie dolotowym oraz od ilości zasysanego powietrza.

Schemat funkcjonalny elektronicznego urządzenia wtryskowego przedstawia rys. 13.6.



Rys. 13.6. Schemat funkcjonalny elektronicznego urządzenia wtryskowego wg [11]

Schemat układu D-Jetronic firmy Bosch, sterującego składem mieszanki w zależności od ciśnienia w przewodzie dolotowym oraz prędkości obrotowej silnika i temperatury powietrza wlotowego, przedstawia rys. 13.7.



Rys. 13.7. Schemat układu D-Jetronic sterującego składem mieszanki paliwowej (firmy BOSCH) wg [11]

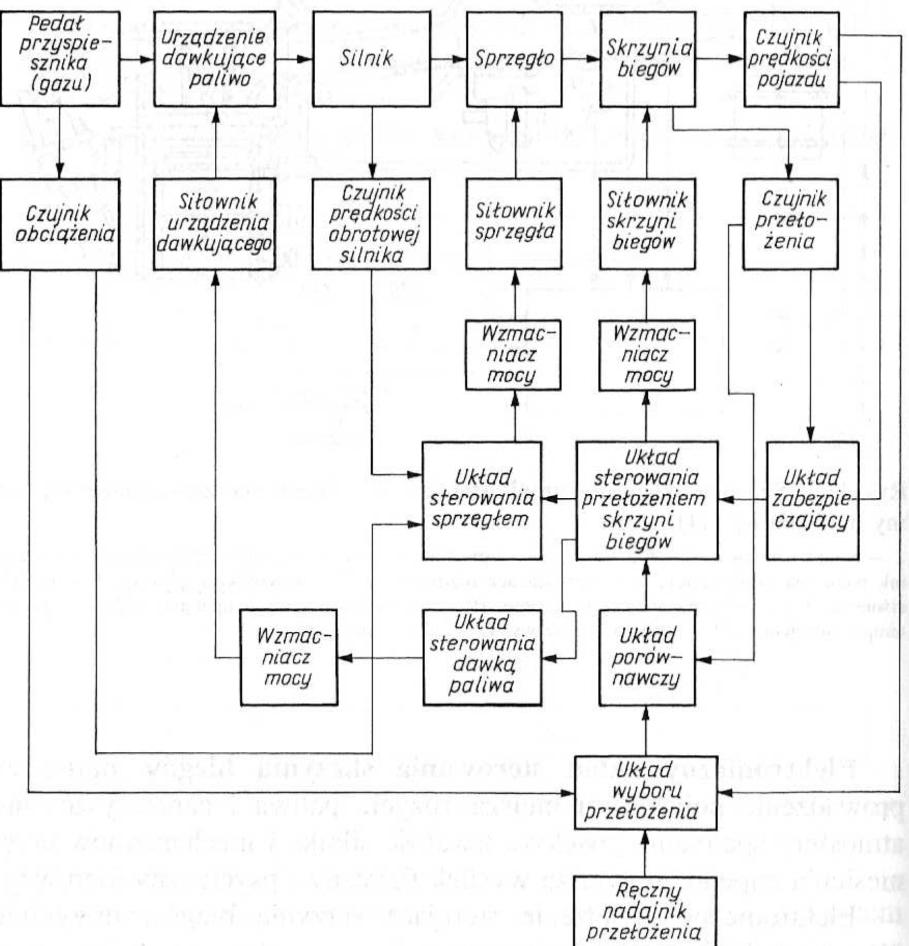
1 — pompa paliwowa, *2* — filtr paliwa, *3* — regulator ciśnienia, *4* — czujnik temperatury, *5* — wyłącznik położenia przepustnicy, *6* — wtryskiwacz rozruchowy, *7* — wtryskiwacz główny, *8* — czujnik ciśnienia, *9* — zawór powietrza dodatkowego, *10* — czasowy wyłącznik temperaturowy, *11* — czujnik temperatury wody, *12* — wyłącznik startowy, *13* — układ sterowania

Elektroniczny układ sterowania skrzynią biegów upraszcza prowadzenie pojazdu, zmniejsza zużycie paliwa i zanieczyszczenie atmosfery spalinami, zwiększa trwałość silnika i mechanizmów przeniesienia napędu, zmniejsza wysiłek fizyczny i psychiczny kierowcy.

Elektroniczne urządzenie sterujące skrzynią biegów otrzymuje następujące informacje wejściowe:
— prędkość pojazdu,
— obciążenie silnika,

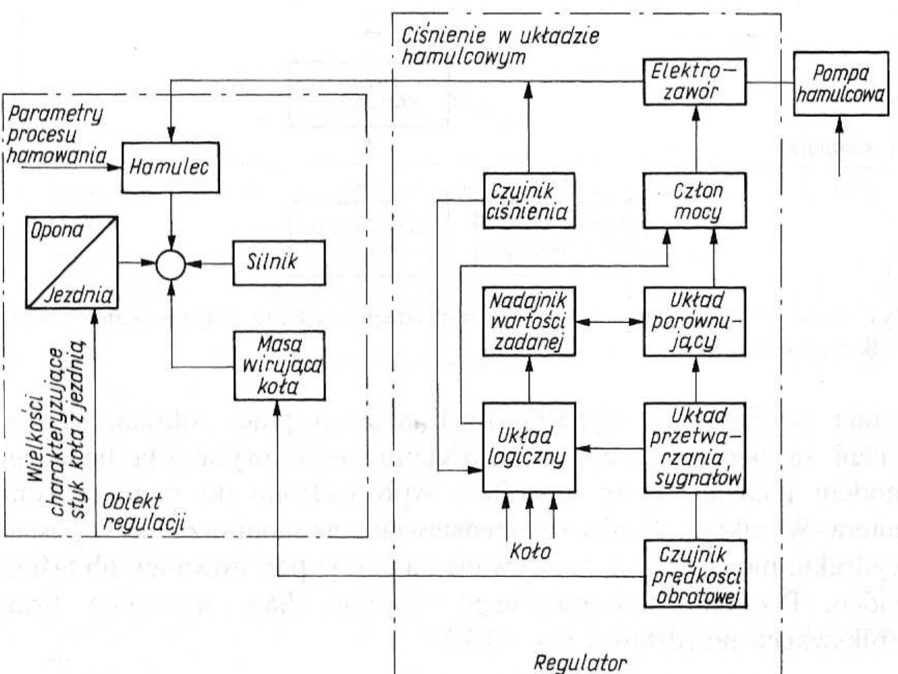
— rozkazy kierowcy (przełącznik: jazda do przodu, luz, jazda do tyłu, parkowanie, bieg górski).

Na podstawie tych informacji urządzenie sterujące (rys. 13.8) określa optymalne przełożenie w danej sytuacji drogowej. Sygnał wejściowy układu jest porównywany z sygnałem wyjściowym czujnika. Jeżeli obliczone przełożenie różni się od ustawionego, to układ wysyła sygnał sterujący siłownikami w celu zmiany przełożenia.



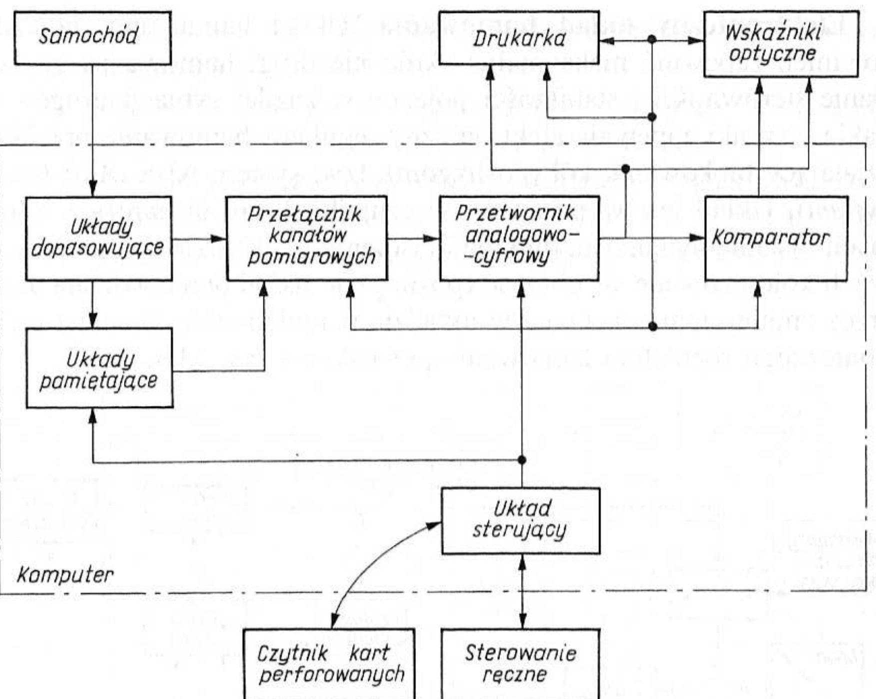
Rys. 13.8. Schemat funkcjonalny elektronicznego urządzenia sterującego skrzynią biegów wg [11]

Elektroniczny układ hamowania. Układ hamulcowy pojazdu powinien zapewnić maksymalne skrócenie drogi hamowania, zachowanie sterowności i stabilności pojazdu w każdej sytuacji drogowej. Takie warunki zapewnia elektroniczny regulator hamowania przeciwdziałający blokowaniu kół (poślizgom), tzw. system ABS (*Anti-Block System*). Układ jest wyposażony w czujniki, które dostarczają informacji o stanie dynamicznym koła i ciśnieniu w układzie hamulcowym. Jeżeli koło przestaje się obracać (poślizg), to układ przeciwdziała temu przez zmniejszenie ciśnienia w układzie hamulcowym. Schemat elektronicznego regulatora hamowania przedstawia rys. 13.9.



Rys. 13.9. Schemat funkcjonalny elektronicznego regulatora hamowania wg [11]

Elektroniczny układ diagnostyczny. Pojazd wyposażony w taki układ ma zestaw czujników oraz odpowiednie wielostykowe złącza, umożliwiające połączenie ich z komputerem stacji diagnostycznej. Komputer steruje przebiegiem badań, analizuje wyniki pomiarów i określa diagnozę. Zaletą tego rodzaju badań jest możliwość wykony-



Rys. 13.10. Schemat funkcjonalny elektronicznego systemu diagnostycznego firmy Volkswagen wg [11]

wania pomiarów w dynamicznych stanach pracy silnika. Wyniki badań są porównywane z wartościami wzorcowymi dla badanego modelu pojazdu, które wcześniej wprowadzono do pamięci komputera. Wyniki pomiarów są przedstawiane na monitorze lub w postaci wydruku; mogą być też zapisywane na karcie perforowanej lub taśmie wideo. Przykład elektronicznego systemu diagnostycznego firmy Volkswagen przedstawia rys. 13.10.

Literatura

1. Blok C., Jeżewski W.: ***Mały podręcznik kierowcy***. Warszawa, WKiŁ, 1990.
2. Boszkiewicz T.: ***Jak ratować***. Warszawa, PZWL, 1996.
3. Chmielewski H.: ***Międzynarodowy układ jednostek miar SI***. Warszawa, PWSZ, 1973.
4. Dąbrowski T.: ***Elektrotechnika w maluchu***. Warszawa, Wydawnictwo AUTO, 1991.
5. Ehrenfeucht J.: ***Fizyka 3***. Warszawa, WSiP, 1987.
6. ***Encyklopedia fizyki współczesnej***. Warszawa, PWN, 1983.
7. Instrukcje fabryczne, katalogi, normy.
8. Jankowski K., Puchalski A.: ***Laboratorium elektrotechniki pojazdów samochodowych***. Radom, WSI, 1990.
9. Karwowski B.: ***Elektrotechnika samochodowa***. Warszawa, PWSZ, 1972.
10. Klimecki Z., Zembowicz J.: ***Naprawa samochodów polski FIAT 126p***. Warszawa, WKiŁ, 1987.
11. Konopiński M.: ***Elektronika w technice motoryzacyjnej***. Warszawa, WKiŁ, 1987.
12. Koziej E., Ocioszyński J.: ***Elektrotechnika samochodowa w pytaniach i odpowiedziach***. Warszawa, WNT, 1991.
13. Kujawa S.: ***Elektrotechnika samochodowa***. Zielona Góra, WSI, 1986.
14. Kurdziel R.: ***Elektrotechnika dla ZSZ***. Cz. 1 i 2. Warszawa, WSiP, 1997.
15. Mac S.: ***Elektrotechnika samochodowa***. Warszawa, WSiP, 1987.
16. Michel K., Sapiński T.: ***Czytam rysunek elektryczny***. Warszawa, WSiP, 1996.